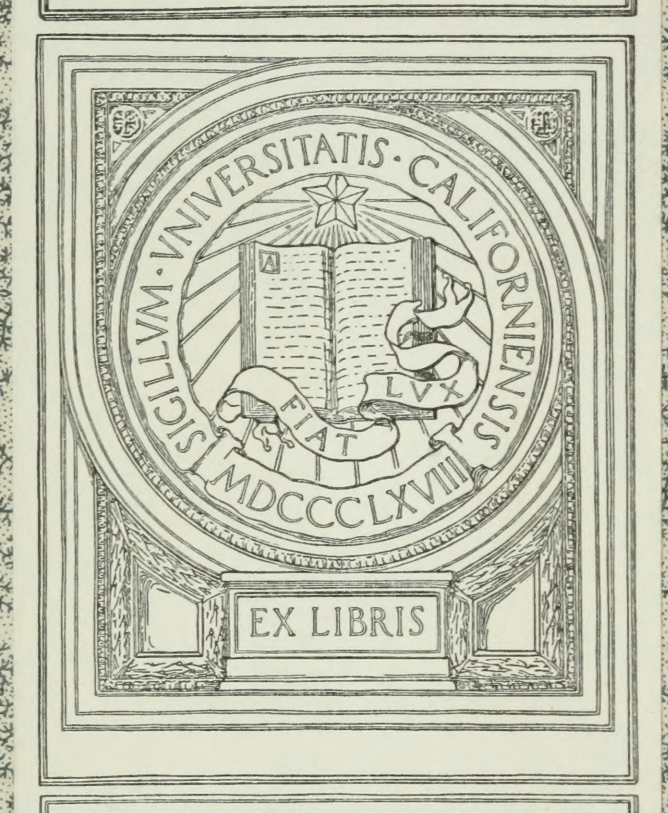
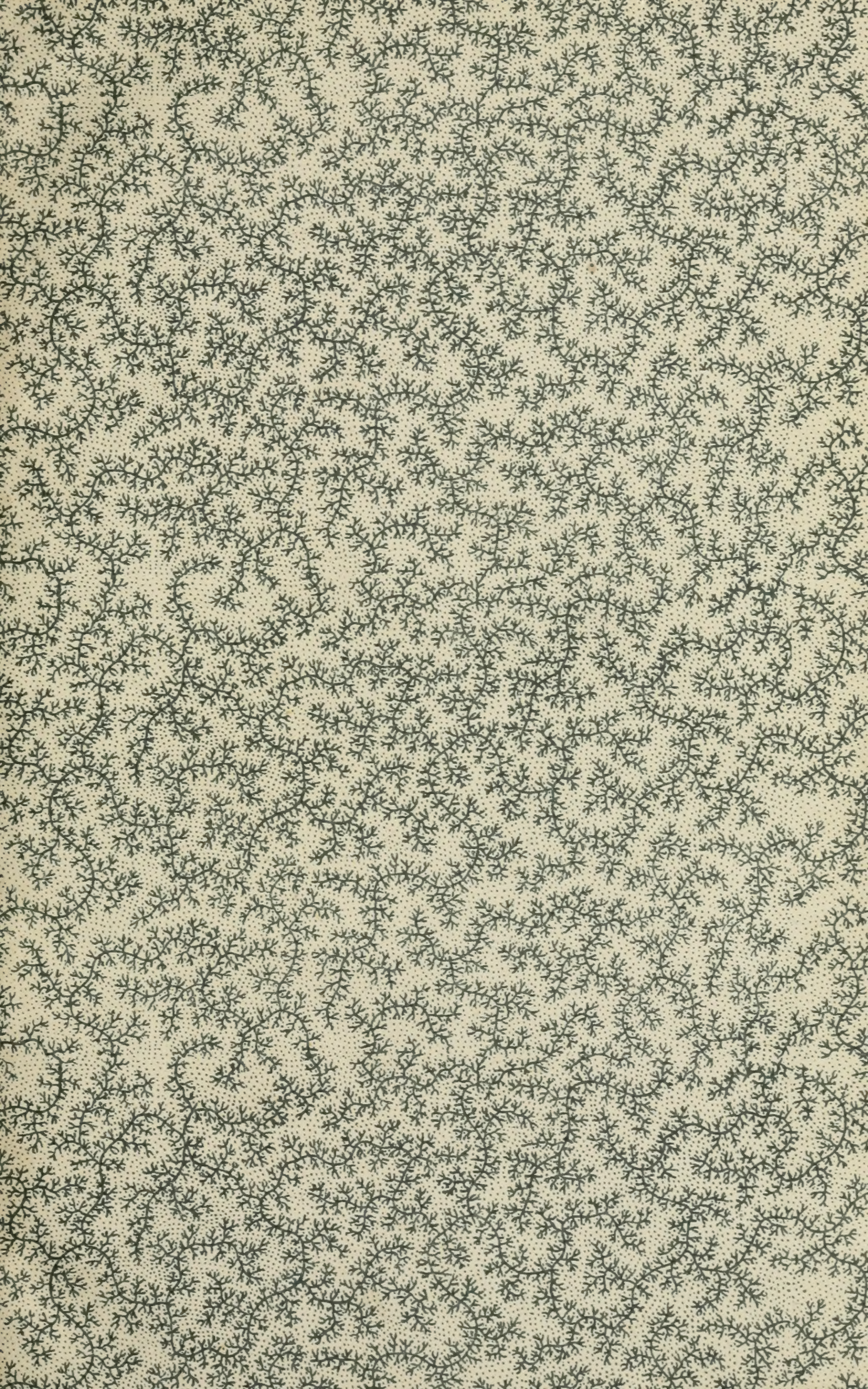
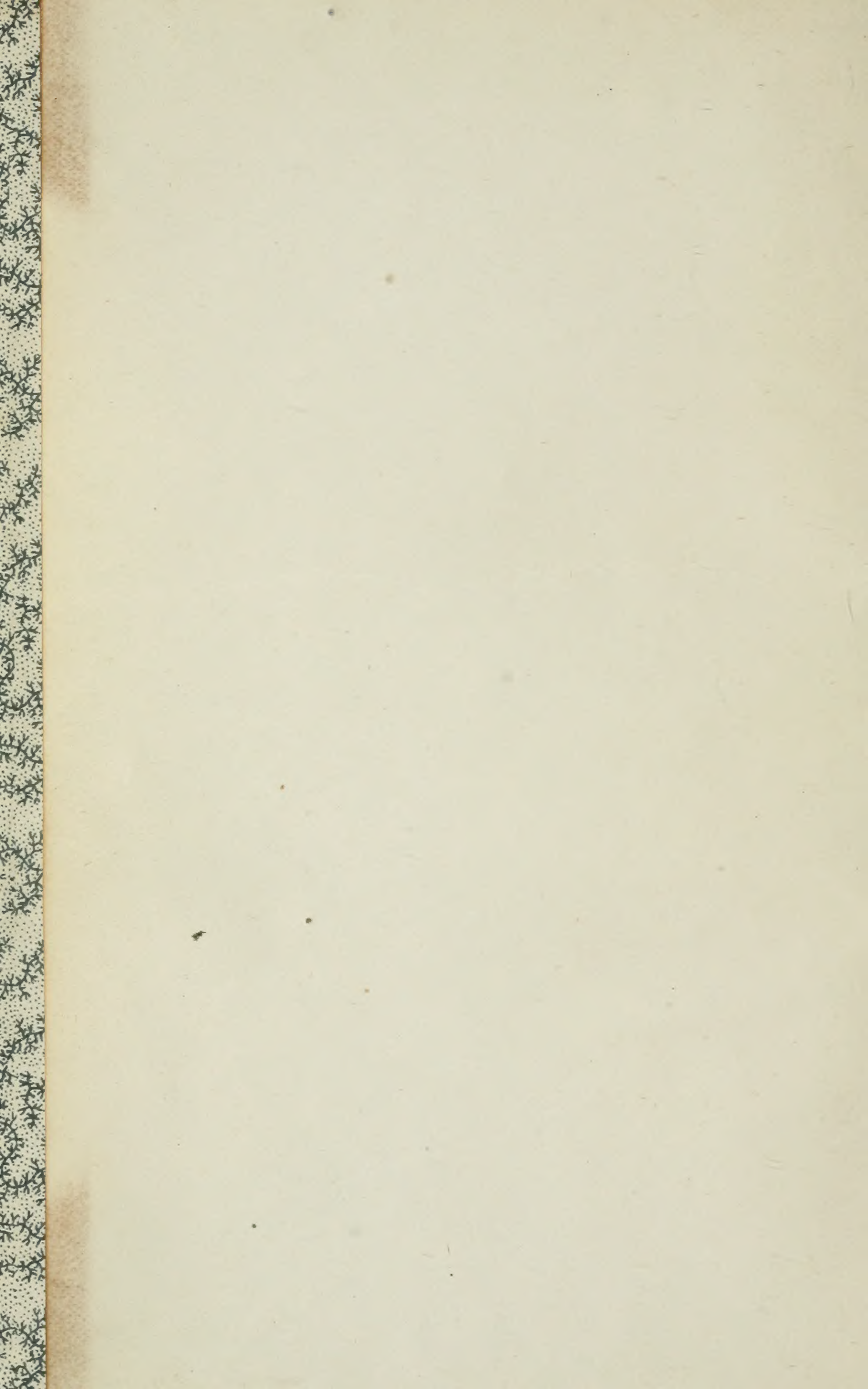

A 000 643 502 8
UC SOUTHERN REGIONAL LIBRARY FACILITY


SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
FIAT LVX
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS





Gesammelte Werke

von

Alexander von Humboldt.

Vierter Band.

Kosmos IV.



Stuttgart.
Verlag der J. G. Cotta'schen Buchhandlung
Nachfolger.

Kosmos.

Entwurf einer physischen Weltbeschreibung

von

Alexander von Humboldt.

Vierter Band.



Stuttgart.

Verlag der J. G. Cotta'schen Buchhandlung

Nachfolger.

Druck von Gebrüder Kröner in Stuttgart.

Kosmos.



Spezielle Ergebnisse der Beobachtung

in dem

Gebiete tellurischer Erscheinungen.

Einleitung.

In einem vielumfassenden Werke, in dem Leichtigkeit des Verständnisses und Klarheit des Totaleindrucks erstrebt werden, sind Komposition und Gliederung in der Anordnung des Ganzen fast noch wichtiger als die Reichhaltigkeit des Inhaltes. Dieses Bedürfnis wird um so fühlbarer, als in dem Buche von der Natur (im Kosmos) die Verallgemeinerung der Ansichten, sowohl in der Objektivität der äußeren Erscheinung als in dem Reflex der Natur auf das Innere des Menschen (auf seine Einbildungskraft und seine Gefühle), von der Herzählung der einzelnen Resultate sorgsam getrennt werden muß. Jene Verallgemeinerung, in welcher die Weltanschauung als ein Naturganzes auftritt, zugleich aber auch nachgewiesen wird, wie unter den verschiedensten Zonen, in dem Lauf der Jahrhunderte, allmählich die Menschheit das Zusammenwirken der Kräfte zu erkennen gesucht hat, ist in den ersten zwei Bänden des Kosmos enthalten. Wenn eine bedeutsame Anreihung von Erscheinungen auch an sich dazu geeignet ist, den ursachlichen Zusammenhang erkennen zu lassen, so kann doch das allgemeine Naturgemälde nur dann einen lebensfrischen Eindruck hervorbringen, wenn es, in enge Grenzen eingeschlossen, nicht durch allzugroße Anhäufung zusammengedrängter Thatsachen an Uebersichtlichkeit verliert.

Wie man in Sammlungen graphischer Darstellungen der Erdoberfläche oder der inneren Konstruktion der Erdrinde generelle Uebersichtskarten den speziellen vorhergehen läßt, so hat

es mir in der physischen Weltbeschreibung am geeignetsten und dem Verständnis des Vortrages am entsprechendsten geschienen, auf die Betrachtung des Weltganzen aus allgemeinen und höheren Gesichtspunkten in den zwei letzten Bänden meiner Schrift solche spezielle Ergebnisse der Beobachtung abgesondert folgen zu lassen, welche den gegenwärtigen Zustand unseres Wissens vorzugsweise begründen. Es sind daher diese beiden Bände, nach meiner schon früher gemachten Erinnerung (Bd. III, S. 3 bis 7), nur als eine Erweiterung und sorgfältigere Ausführung des allgemeinen Naturgemäldes (Bd. I, S. 55 bis 265) zu betrachten, und wie von beiden Sphären des Kosmos die uranologische oder siderische ausschließlich in dem dritten Bande behandelt worden ist, so bleibt die tellurische Sphäre dem jetzt erscheinenden letzten Bande bestimmt. Auf diese Weise ist die uralte, einfache und natürliche Scheidung des Geschaffenen in Himmel und Erde, wie sie bei allen Völkern, in den frühesten Denkmälern des Bewußtseins der Menschheit auftritt, beibehalten worden.

Wenn schon im Weltall der Uebergang von dem Fixsternhimmel, an welchem zahllose Sonnen, sei es isoliert oder umeinander kreisend, sei es als ferne Nebel, leuchten, zu unserem Planetensysteme ein Herabsteigen von dem Großen und Universellen zu dem relativ Kleinen und Besonderen ist, so wird der Schauplatz der Betrachtung noch um vieles verengt, wenn man von der Gesamtheit des gestaltenreichen Sonnengebietes zu einem einzigen um die Sonne kreisenden Planeten, zu dem Erdsphäroid, übergeht. Die Entfernung des nächsten Fixsternes, α Centauri, ist noch 262mal größer als der Durchmesser unseres Sonnengebietes, bis zum Aphel des Kometen von 1680 gerechnet; und doch liegt dieses Aphel schon 853mal weiter als unsere Erde von der Sonne (Kosmos Bd. III, S. 418). Diese Zahlen (die Parallaxe von α Cent. zu 0,9187″ gerechnet) bestimmen annäherungsweise zugleich die Distanz einer uns nahen Region des Fixsternhimmels von der vermuteten äußersten Region des Sonnengebietes, wie die Entfernung dieser Grenze von dem Ort der Erde.

Die Uranologie, welche sich mit dem beschäftigt, was den fernen Weltraum erfüllt, bewahrt ihren alten Ruhm, den anregendsten Eindruck des Erhabenen auf die Einbildungskraft hervorzubringen, durch die Unerfaßbarkeit der Raum- und Zahlenverhältnisse, die sie darbietet, durch die erkannte Ord-

nung und Gesetzmäßigkeit in der Bewegung der Weltkörper, durch die Bewunderung, welche den errungenen Resultaten der Beobachtung und einer geistigen Forschung gezollt wird. Dieses Gefühl der Regelmäßigkeit und Periodizität hat sich so früh dem Menschen aufgedrängt, daß es sich oft in den Sprachformen reflektiert, welche auf den geordneten Lauf der Gestirne hindeuten. Dazu sind die erkannten Gesetze, die in der himmlischen Sphäre walten, vielleicht am bewundernswürdigsten durch ihre Einfachheit, da sie sich allein auf das Maß und die Verteilung der angehäuften ponderablen Materie und deren Anziehungskräfte gründen. Der Eindruck des Erhabenen, wenn er aus dem Unermeßlichen und sinnlich Großen entspringt, geht, uns selbst fast unbewußt, durch das geheimnisvolle Band, welches das Uebersinnliche mit dem Sinnlichen verknüpft, in eine andere, höhere Sphäre der Ideen über. Es wohnt dem Bilde des Unermeßlichen, des Grenzenlosen, des Unendlichen eine Kraft bei, die zu ernster, feierlicher Stimmung anregt und, wie in dem Eindruck alles geistig Großen und moralisch Erhabenen, nicht ohne Rührung ist.

Die Wirkung, welche der Anblick außerordentlicher Himmelserscheinungen so allgemein und gleichzeitig auf ganze Volksmassen ausübt, bezeugt den Einfluß einer solchen Association der Gefühle. Was in erregbaren Gemütern schon der bloße Anblick der gestirnten Himmelsdecke hervorbringen kann, wird durch tieferes Wissen und durch Anwendung von Werkzeugen vermehrt, die der Mensch erfunden, um seine Sehkraft und mit ihr den Horizont seiner Beobachtung zu vergrößern. Dabei gesellt sich zu dem uranologischen Eindruck des Unerfaßlichen im Weltall, durch die Gedankenverbindung mit dem Gesetzlichen und der geregelten Ordnung auch der Eindruck des Friedlichen. Er benimmt der unergründlichen Tiefe des Raumes wie der Zeit, was bei aufgeregter Einbildungskraft ihnen Schauerliches zugeschrieben wird. Unter allen Himmelsstrichen preist der Mensch, bei der einfach natürlichen Empfänglichkeit seines Gemütes, „die stille Ruhe einer sternklaren Sommernacht“.

Wenn nun Raum- und Massengröße dem *siderischen* Teile der Weltbeschreibung vorzugsweise angehören, und das Auge in ihm das einzige Organ der Weltanschauung ist, so hat dagegen der *tellurische* Teil den überwiegenden Vorzug, eine größere, wissenschaftlich unterscheidbare Mannigfaltigkeit in den vielfachen elementarischen Stoffen darzubieten. Mittels

aller unserer Sinne stehen wir mit der irdischen Natur in Kontakt, und so wie die Astronomie, als Kenntnis der bewegten leuchtenden Weltkörper einer mathematischen Bearbeitung am zugänglichsten, Veranlassung geworden ist, den Glanz der höheren Analysis und den Umfang des weiten Gebietes der Optik erstaunenswürdig zu vermehren, so ist die irdische Sphäre allein durch ihre Stoffverschiedenheit und das komplizierte Spiel der Kraftäußerung dieser Stoffe die Gründerin der Chemie und solcher physikalischen Disziplinen geworden, welche Erscheinungen behandeln, die bisher noch von den wärme- und lichterzeugenden Schwingungen getrennt werden. Jede Sphäre hat demnach durch die Natur der Probleme, welche sie der Forschung darbietet, einen verschiedenen Einfluß auf die Geistesarbeit und die Bereicherung des Wissens der Menschheit ausgeübt.

Alle Weltkörper, außer unserem Planeten und den Aerolithen, welche von diesem angezogen werden, sind für unsere Erkenntnis nur homogene gravitierende Materie, ohne spezifische, sogenannte elementare Verschiedenheit der Stoffe. Eine solche Einfachheit der Vorstellung ist aber keinesweges in der inneren Natur und Konstitution jener fernen Weltkörper selbst, sie ist allein in der Einfachheit der Bedingungen gegründet, deren Annahme hinreicht, die Bewegungen im Weltenraume zu erklären und vorherzubestimmen. Sie entsteht, wie wir schon mehrfach zu erinnern Gelegenheit gehabt haben (Kosmos Bd. I, S. 39 bis 42 und 97, Bd. III, S. 4, 13, 15 bis 18, 426 und 449), durch die Ausschließung von allem Wahrnehmbaren einer Stoffverschiedenheit; sie bietet dar die Lösung des großen Problemes einer Himmelsmechanik, welche alles Veränderliche in der uranologischen Sphäre der alleinigen Herrschaft der Bewegungslehre unterwirft.

Periodische Wechsel von Lichterscheinungen auf der Oberfläche des Mars deuten freilich nach Verschiedenheit der dortigen Jahreszeiten auf meteorologische Prozesse und durch Kälte erregte Polarniederschläge in der Atmosphäre jenes Planeten (Kosmos Bd. III, S. 366). Durch Analogieen und Ideenverbindungen geleitet, mögen wir hier auf Eis oder Schnee (Sauer- und Wasserstoff), wie in den Eruptivmassen des Mondes oder seinen flachen Ringebenen auf Verschiedenheit der Gebirgsarten im Monde schließen; aber unmittelbare Beobachtung kann uns nicht darüber belehren. Auch erlaubte sich Newton nur Vermutungen über die elementare

Konstitution der Planeten, die zu demselben Sonnengebiete gehören, wie wir in einem wichtigen zu Kensington mit Conduit gepflogenen Gespräche vernehmen (Kosmos Bd. I, S. 94 und 282). Das einförmige Bild stoffgleicher, gravitierender Materie, zu Himmelskörpern geballt, beschäftigt auf mannigfaltige Weise die ahnende Phantasie des Menschen, ja die Mythe leiht der lautlosen Einöde des Weltraumes selbst den Zauber der Töne (Kosmos Bd. III, S. 311 bis 313 und 341).

In dem unendlichen Reichtum chemisch verschiedener Stoffe und dem Spiel ihrer Kraftäußerungen, in der gestaltenden, formbildenden Thätigkeit der ganzen organischen Natur und vieler anorganischen Substanzen, in dem Stoffwechsel, der den ewig wandelnden Schein des Werdens und der Vernichtung darbietet, strebt der ordnende Geist, bei Durchforschung des irdischen Reiches, oft mißmutig nach einfachen Bewegungsgesetzen. Schon in der Physik des Aristoteles heißt es: „Die Grundprinzipien aller Natur sind das Veränderliche und die Bewegung, wer diese nicht anerkannt hat, erkennt auch die Natur nicht“ (Phys. auscult. III, 1, p. 200 Bekker), und: auf Stoffverschiedenheit, „Unterschied in der Wesenheit“, hindeutend, nennt er Bewegung in Bezug auf die Kategorie des Qualitativen: Umwandlung, ἀλλοίωσις, sehr verschieden von der bloßen Mischung, μίξις, und einer Durchdringung, welche das Wiedertrennen nicht ausschließt (De generat. et corrupt. I, 1, p. 327).

Das ungleiche Steigen der Flüssigkeiten in Haarröhren; die in allen organischen Zellen so thätige Endosmose, welche wahrscheinlich eine Folge der Kapillarität ist; die Verdichtung von Gasarten in den porösen Körpern (des Sauerstoffgases im Platinmohr, mit einem Drucke, der einer Kraft von mehr als 700 Atmosphären gleich ist; der Kohlensäure in Buchsbaumkohle, von der mehr als $^1/_3$ an den Wänden der Zellen in tropfbarflüssigem Zustande verdichtet wird); die chemische Wirkung der Kontaktsubstanzen, welche durch ihre Gegenwart (katalytisch) Verbindungen veranlassen oder zerstören, ohne selbst einen Anteil daran zu nehmen, — alle diese Erscheinungen lehren, daß die Stoffe in unendlich kleinen Entfernungen eine Anziehung gegeneinander ausüben, die von ihrer spezifischen Wesenheit abhängt. Solche Anziehungen können nicht ohne durch sie erregte, aber unserem Auge entschwindende Bewegungen gedacht werden.

In welchem Verhältnisse die gegenseitige Molekularattraktion, als eine Ursache perpetuierlicher Bewegung auf der Oberfläche des Erdkörpers, und höchst wahrscheinlich in seinem Inneren, zu der Gravitationsattraktion steht, welche die Planeten sowohl als ihre Centralkörper ebenso perpetuierlich bewegt, ist uns noch völlig unbekannt. Schon durch die teilweise Lösung eines solchen rein physischen Problems würde das Höchste und Ruhmvollste erreicht werden, was auf diesen Wegen Experiment und Gedankenverbindung erreichen können. Ich nenne in dem eben berührten Gegensatze die Anziehung, welche in den Himmelsräumen in grenzenlosen Entfernungen waltet und sich umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung verhält, nicht gern, wie man gewöhnlich thut, ausschließlich die Newtonsche. Eine solche Bezeichnung enthält fast eine Ungerechtigkeit gegen das Andenken des großen Mannes, der schon beide Kraftäußerungen anerkannte, doch aber keineswegs so scharf voneinander trennte, daß er nicht, wie in glücklichem Vorgefühl künftiger Entdeckungen, es hätte versuchen sollen, in seinen Zusätzen zur Optik, Kapillarität, und das Wenige, was damals von chemischer Affinität bekannt war, der allgemeinen Gravitation zuzuschreiben. (Laplace, Expos. du Syst. du Monde p. 384; Kosmos Bd. III, S. 16 und 22, Anm. 18.)

Wie in der Sinnenwelt vorzugsweise an dem Meerhorizont Trugbilder aufdämmern, die dem erwartungsvollen Entdecker eine Zeitlang den Besitz eines neuen Landes verheißen, so sind am idealen Horizont in den fernsten Regionen der Gedankenwelt dem ernsten Forscher auch manche Hoffnungen vielverheißend aufgegangen und wieder verschwunden. Allerdings sind großartige Entdeckungen neuerer Zeit geeignet gewesen, die Spannung zu erhöhen, so die Kontaktelektrizität; der Rotationsmagnetismus, welcher selbst durch tropfbare oder zu Eis erstarrte Flüssigkeiten erregt wird; der glückliche Versuch, alle chemische Verwandtschaft als Folge der elektrischen Relationen von Atomen mit einer prädominierenden Polarkraft zu betrachten; die Theorie isomorpher Substanzen in Anwendung auf Kristallbildung; manche Erscheinungen des elektrischen Zustandes der belebten Muskelfaser; die errungene Kenntnis von dem Einfluß des Sonnenstandes (der temperaturerhöhenden Sonnenstrahlen) auf die größere oder geringere magnetische Empfänglichkeit und Fortpflanzungskraft von einem Bestandteil unserer Atmosphäre, dem Sauerstoffe. Wenn un-

erwartet in der Körperwelt etwas aus einer noch unbekannten Gruppe von Erscheinungen aufglimmt, so kann man um so mehr sich neuen Entdeckungen nahe glauben, als die Beziehungen zu dem schon Ergründeten unklar oder gar widersprechend scheinen.

Ich habe vorzugsweise solche Beispiele angeführt, in denen dynamische Wirkungen motorischer Anziehungskräfte die Wege zu eröffnen scheinen, auf welchen man hoffen möchte, der Lösung der Probleme von der ursprünglichen, unwandelbaren und darum elementar genannten Heterogeneität der Stoffe (Oxygen, Hydrogen, Schwefel, Kali, Phosphor, Zinn) und von dem Maße ihres Verbindungsbestrebens (ihrer chemischen Affinität) näher zu treten. Unterschiede der Form und Mischung sind aber, ich wiederhole es hier, die Elemente unseres ganzen Wissens von der Materie, sie sind die Abstraktionen, unter denen wir glauben, das allbewegte Weltganze zu erfassen, messend und zersetzend zugleich. Das Detonieren knallsaurer Salze bei einem leisen mechanischen Drucke, und die noch furchtbarere, von Feuer begleitete, Explosion des Chlorstickstoffes kontrastieren mit der detonierenden Verbindung von Chlorgas und Wasserstoffgas bei dem Einfall eines direkten (besonders violetten) Sonnenstrahles. Stoffwechsel, Fesselung und Entfesselung bezeichnen den ewigen Kreislauf der Elemente in der anorganischen Natur wie in der belebten Zelle der Pflanzen und Tiere. „Die Menge des vorhandenen Stoffes bleibt aber dieselbe, die Elemente wechseln nur ihre relative Lage zu einander."

Es bewährt sich demnach der alte Ausspruch des Anaxagoras, daß das Seiende sich weder mehre noch vermindere im Weltall, daß das, was die Hellenen das Vergehen der Dinge nennen, ein bloßes Entmischen sei. Allerdings ist die irdische Sphäre, als Sitz der unserer Beobachtung zugänglichen organischen Körperwelt, scheinbar eine Werkstatt des Todes und der Verwesung; aber der große Naturprozeß langsamer Verbrennung, den wir Verwesung nennen, führt keine Vernichtung herbei. Die entfesselten Stoffe vereinigen sich zu anderen Gebilden, und durch die treibenden Kräfte, welche diesen innewohnen, entkeimt neues Leben dem Schoße der Erde.

B.

Ergebnisse der Beobachtung

aus dem

tellurischen Teile

der physischen Weltbeschreibung.

Bei dem Streben, ein unermeßliches Material der mannigfaltigsten Objekte zu beherrschen, d. h. die Erscheinungen so aneinander zu reihen, daß die Einsicht in ihren Kausalzusammenhang erleichtert werde, kann der Vortrag nur dann Uebersicht und lichtvolle Klarheit gewähren, wenn das Spezielle, besonders in dem errungenen, lange durchforschten Felde der Beobachtung, den höheren Gesichtspunkten kosmischer Einheit nicht entrückt wird. Die tellurische Sphäre, der uranologischen entgegengesetzt, zerfällt in zwei Abteilungen: in das anorganische und organische Gebiet. Das erstere umfaßt: Größe, Gestalt und Dichtigkeit des Erdkörpers; innere Wärme; elektromagnetische Thätigkeit; mineralische Konstitution der Erdrinde; Reaktion des Inneren des Planeten gegen seine Oberfläche, dynamisch wirkend durch Erschütterung, chemisch wirkend durch steinbildende und steinumändernde Prozesse; teilweise Bedeckung der festen Oberfläche durch Tropfbarflüssiges, das Meer; Umriß und Gliederung der gehobenen Feste (Kontinente und Inseln); die allgemeine, äußerste, gasförmige Umhüllung (den Luftkreis). Das zweite oder organische Gebiet umfaßt nicht die einzelnen Lebensformen selbst, wie in der Naturbeschreibung, sondern die räumlichen Beziehungen derselben zu den festen und flüssigen Teilen der Erdoberfläche, die Geographie der Pflanzen und Tiere, die

Abstufungen der spezifisch einigen Menschheit nach Rassen und Stämmen.

Auch diese Abteilung in zwei Gebiete gehört gewissermaßen dem Altertume an. Es wurden schon damals geschieden die elementarischen Prozesse, der Formenwechsel und Uebergang der Stoffe ineinander von dem Leben der Pflanzen und Tiere. Der Unterschied beider Organismen war, bei fast gänzlichem Mangel an Mitteln die Sehkraft zu erhöhen, nur auf ahnungsvolle Intuition und auf das Dogma von der Selbsternährung (Aristot., De anima II, 1, T. 1, p. 412, a 14 Bekker) und dem inneren Anlaß zur Bewegung gegründet. Jene Art der geistigen Auffassung, welche ich Intuition nannte, und mehr noch die dem Stagiriten eigene Schärfe fruchtbringender Gedankenverbindung leiteten ihn sogar auf die scheinbaren Uebergänge von dem Unbelebten zu dem Belebten, von dem Elementarischen zu der Pflanze, ja zu der Ansicht, daß es bei den sich immer höher gestaltenden Bildungsprozessen allmähliche Mittelstufen gebe von den Pflanzen zu den niederen Tieren (Aristot., De part. Animal. IV, 5, p. 681, a 12 und Hist. Animal. VIII, 1, p. 588, a 4 Bekker). Die Geschichte der Organismen (das Wort Geschichte in seinem ursprünglichen Sinne genommen, also in Beziehung auf frühere Zeitepochen, auf die der alten Floren und Faunen) ist so innig mit der Geologie, mit der Reihenfolge übereinander gelagerter Erdschichten, mit der Chronometrik der Länder- und Gebirgserhebung verwandt, daß es mir wegen Verkettung großer und weit verbreiteter Phänomene geeigneter schien, die an sich sehr natürliche Sonderung des organischen und anorganischen Erdenlebens in einem Werke über den Kosmos nicht als ein Hauptelement der Klassifikation aufzustellen. Es handelt sich hier nicht um einen morphologischen Gesichtspunkt, sondern vorzugsweise um eine nach Totalität strebende Ansicht der Natur und ihrer wirkenden Kräfte.

I.

Größe, Gestaltung und Dichtigkeit der Erde. — Innere Wärme und Verteilung derselben. — Magnetische Thätigkeit, sich offenbarend in Veränderungen der Inklination, Deklination und Intensität der Kraft unter dem Einfluß des lufterwärmenden und luftverdünnenden Sonnenstandes. Magnetische Gewitter; Polarlicht.

Was alle Sprachen, wenngleich etymologisch unter verschiedenartig symbolisierenden Formen, mit dem Ausdruck Natur und, da zuerst der Mensch alles auf seinen heimatlichen Wohnsitz bezieht, mit dem Ausdruck irdische Natur bezeichnen, ist das Resultat von dem stillen Zusammenwirken eines Systemes treibender Kräfte, deren Dasein wir nur durch das erkennen, was sie bewegen, mischen und entmischen, ja teilweise zu organischen, sich gleichartig wiedererzeugenden Geweben (lebendigen Organismen) ausbilden. Naturgefühl ist für ein empfängliches Gemüt der dunkle, anregende, erhebende Eindruck dieses Waltens der Kräfte. Zuerst fesseln unsere Neugier die räumlichen Größenverhältnisse unseres Planeten: eines Häufchens geballter Materie im unermeßlichen Weltall. Ein System zusammenwirkender, einigender oder (polarisch) trennender Thätigkeiten setzt die Abhängigkeit jedes Teiles des Naturganzen von dem anderen, in den elementaren Prozessen (der anorganischen Formbildung) wie in dem Hervorrufen und der Unterhaltung des Lebens voraus. Die Größe und Gestalt des Erdkörpers, seine Masse (Quantität materieller Teile), welche, mit dem Volum verglichen, die Dichtigkeit und durch diese, unter gewissen Bedingungen, die Konstitution des Inneren wie das Maß der Anziehung bestimmt, stehen unter sich in mehr erkennbarer und mehr mathematisch zu behandelnder Abhängigkeit, als es diejenige ist, welche wir bisher in den eben genannten Lebensprozessen, in den Wärmeströmungen, den tellurischen Zuständen des Elektro-

magnetismus oder den chemischen Stoffwechseln wahrnehmen. Beziehungen, die man in komplizierten Erscheinungen noch nicht quantitativ zu messen vermag, können deshalb doch vorhanden sein und durch Induktionsgründe wahrscheinlich gemacht werden.

Wenn auch die beiden Arten der Anziehung, die, welche in bemerkbaren Entfernungen wirkt (wie Schwerkraft, Gravitation der Weltkörper gegeneinander), und die, welche in unmeßbaren kleinsten Entfernungen stattfindet (Molekular- oder Kontaktattraktion), in dem gegenwärtigen Zustande unseres Wissens nicht auf ein und dasselbe Gesetz zu reduzieren sind, so ist es darum doch nicht minder glaublich, daß Kapillaranziehung und die für das Aufsteigen der Säfte und für Tier- und Pflanzenphysiologie so wichtige Endosmose von dem Maße der Schwere und ihrer lokalen Verteilung ebenso affiziert werden, als die elektromagnetischen Prozesse und der chemische Stoffwechsel. Man darf annehmen, um an extreme Zustände zu erinnern, daß auf unserem Planeten, wenn derselbe nur die Masse des Mondes und also eine fast sechsmal geringere Intensität der Schwere hätte, die meteorologischen Prozesse, das Klima, die hypsometrischen Verhältnisse der gehobenen Gebirgsketten, die Physiognomie (facies) der Vegetation ganz verschieden sein würden. Die absolute Größe unseres Erdkörpers, mit der wir uns hier beschäftigen werden, erhält ihre Wichtigkeit für den gesamten Haushalt der Natur bloß durch das Verhältnis, in dem sie zur Masse und zur Rotation steht; denn auch im Weltall würden, wenn die Dimensionen der Planeten, ihre Stoffmengen, Geschwindigkeiten und Distanzen voneinander in einer und derselben Proportion zu- oder abnähmen, in diesem idealen Makro- oder Mikrokosmos, alle von den Gravitationsverhältnissen abhängige Erscheinungen unverändert [1] bleiben.

a. Größe, Figur (Abplattung) und Dichtigkeit der Erde.

(Erweiterung des Naturgemäldes: Kosmos Bd. I, S. 118—123 und 290—293, Anm. 86—93.)

Der Erdkörper ist gemessen und gewogen worden: zur Ermittelung seiner Gestalt, seiner Dichtigkeit und Masse. Die Genauigkeit, nach welcher man unausgesetzt in diesen terrestrischen Bestimmungen gestrebt, hat nicht weniger als die Auflösung der Probleme der Astronomie gleichzeitig zu

der Vervollkommnung der Meßinstrumente und der analytischen Methoden beigetragen. Ein entscheidender Teil der Gradmessung ist übrigens selbst astronomisch, Sternhöhen bedingen die Krümmung des Bogens, dessen Länge durch Auflösung eines trigonometrischen Netzes gefunden ist. Der höheren Mathematik ist es geglückt, Wege zu eröffnen, um aus gegebenen numerischen Elementen die schwierigen Aufgaben der Gestalt der Erde, der Figur des Gleichgewichtes einer flüssigen homogenen oder dichten, schalenähnlich ungleichartigen Masse zu lösen, welche sich um eine feste Achse gleichförmig dreht. Seit Newton und Huygens sind die berühmtesten Geometer des 18. Jahrhunderts mit der Lösung beschäftigt gewesen. Es ist ersprießlich, stets daran zu erinnern, daß alles, was Großes durch Intensität geistiger Kraft und durch mathematische Ideenkombination erlangt wird, seinen Wert nicht bloß von dem hat, was aufgefunden und der Wissenschaft angeeignet worden ist, sondern vorzugsweise von dem, was dieses Auffinden zur Ausbildung und Verstärkung des analytischen Werkzeuges beigetragen hat.

„Die geometrische Figur der Erde, der physischen entgegengesetzt, bestimmt diejenige Oberfläche, welche die Oberfläche des Wassers in einem mit dem Ozean zusammenhängenden, die Erde überall bedeckenden und durchkreuzenden Netze von Kanälen annehmen würde. Die geometrische Oberfläche durchschneidet die Richtung der Kräfte senkrecht, welche aus allen von den einzelnen Teilchen der Erde ausgehenden Anziehungen, verbunden mit der ihrer Umdrehungsgeschwindigkeit entsprechenden Centrifugalkraft, zusammengesetzt sind. Sie kann im ganzen nur als eine dem elliptischen Rotationssphäroid sehr nahe zugehörige betrachtet werden, denn Unregelmäßigkeiten der Massenverteilung im Inneren der Erde erzeugen bei lokal veränderter Dichtigkeit ebenfalls Unregelmäßigkeiten in der geometrischen Oberfläche, welche das Produkt der Gesamtwirkung ungleich verteilter Elemente ist. Die physische Oberfläche ist unmittelbar durch die wirklich vorhandene des Festen und Flüssigen auf der äußeren Erdrinde gegeben." Wenn es schon aus geologischen Gründen nicht unwahrscheinlich ist, daß zufällige Veränderungen, welche in den geschmolzenen, trotz des Druckes, den sie erleiden, leicht beweglichen Teilen des Inneren durch Ortswechsel in den Massen vorgehen, selbst die geometrische Oberfläche in Krümmung der Meridiane und Parallele in kleinen Räumen

nach sehr kleinen Zeitabschnitten modifizieren, so ist die physische Oberfläche in ihrer ozeanischen Region durch Ebbe und Flut (lokale Depression und Anschwellung des Flüssigen) sogar periodisch einem Ortswechsel der Massen ausgesetzt. Die Kleinheit des Gravitationseffektes in den kontinentalen Regionen kann einen sehr allmählichen Wechsel der wirklichen Beobachtung entziehen, und nach Bessels Berechnung muß, um die Polhöhe eines Ortes nur um 1" zu vergrößern, in dem Inneren der Erde eine Ortsveränderung von einer Masse vorausgesetzt werden, deren Gewicht, ihre Dichtigkeit der mittleren Dichtigkeit der Erde gleich gesetzt, das von 114 geographischen Kubikmeilen ist. So auffallend groß auch dieses Volum der ortsverändernden, bewegten Masse uns erscheint, wenn wir es mit dem Volum des Montblanc, oder Chimborazo, oder Kintschindschinga vergleichen, so sinkt doch bald das Erstaunen über die Größe des Phänomens, wenn man sich erinnert, daß das Erdsphäroid über 2650 Millionen solcher Kubikmeilen umfaßt.

Das Problem der Figur der Erde, dessen Zusammenhang mit der geologischen Frage über früheren liquiden Zustand der planetarischen Rotationskörper schon in der großen Zeit [2] von Newton, Huygens und Hooke erkannt wurde, ist mit ungleichem Erfolge auf drei Wegen zu lösen versucht worden: durch geodätisch-astronomische Gradmessung, durch Pendelversuche und durch Ungleichheiten in der Länge und Breite des Mondes. Die erste Methode zerfällt wieder in zwei Unterarten der Anwendung: Breitengradmessungen auf einem Meridianbogen und Längengradmessungen auf verschiedenen Parallelkreisen.

Unerachtet bereits sieben Jahre verflossen sind, seitdem ich die Resultate von Bessels großer Arbeit über die Dimensionen des Erdkörpers in das allgemeine Naturgemälde aufgenommen habe, so kann doch diese Arbeit bis jetzt noch nicht durch eine mehr umfassende, auf neuere Gradmessungen gegründete, ersetzt werden. Einen wichtigen Zuwachs und eine Vervollkommnung aber hat sie zu erwarten, wenn die bald vollendete russische Gradmessung, welche sich fast vom Nordkap bis zum Schwarzen Meere erstreckt, wird veröffentlicht werden, und die indische, durch sorgfältige Vergleichung des dabei gebrauchten Maßes, in ihren Ergebnissen mehr gesichert ist. Laut Bessels im Jahre 1841 bekannt gemachten Bestimmungen ist der mittlere Wert der Dimensionen unseres

Planeten nach der genauen Untersuchung[3] von 10 Gradmessungen folgender: die halbe große Achse des elliptischen Rotationssphäroids, welchem sich die unregelmäßige Figur der Erde am meisten nähert, 327 077,14^{t}, die halbe kleine Achse 3 261 139,33^{t}, die Länge des Erdquadranten 5 131 179,81^{t}, die Länge eines mittleren Meridiangrades 57 013,109^{t}, die Länge des Parallelgrades bei 0° Breite, also eines Aequatorgrades, 67 108,520^{t}, die Länge eines Parallelgrades bei 45° Breite 40 449,371^{t}, Abplattung $\frac{1}{299{,}152}$, die Länge einer geographischen Meile, deren 15 auf einen Grad des Aequators gehen, 3807,23^{t}. Die folgende Tafel (S. 17) zeigt die Zunahme der Länge der Meridiangrade vom Aequator gegen die Pole hin, wie sie aus den Beobachtungen gefunden ist, also modifiziert durch lokale Störungen der Anziehung.

Die Bestimmung der Figur der Erde durch Messung von Längengraden auf verschiedenen Parallelkreisen erfordert eine große Genauigkeit in den Unterschieden der Ortslängen. Schon Cassini de Thury und Lacaille bedienten sich 1740 der Pulversignale, um einen Perpendikel auf dem Meridian von Paris zu messen. In neuerer Zeit sind bei der großen trigonometrischen Aufnahme von England mit weit besseren Hilfsmitteln und größerer Sicherheit Längen der Bogen auf Parallelkreisen und Unterschiede der Meridiane bestimmt worden zwischen Beachy Head und Dunnose, wie zwischen Dover und Falmouth, freilich nur in Längenunterschieden von 1° 26′ und 6° 22′. Die glänzendste dieser Operationen ist aber wohl die zwischen den Meridianen von Marennes, an der Westküste von Frankreich, und Fiume gewesen. Sie erstreckt sich über die westlichste Alpenkette und die lombardischen Ebenen von Mailand und Padua in einer direkten Entfernung von 15° 32′ 27″, und wurde ausgeführt von Brousseaud und Largeteau, Plana und Carlini, fast ganz unter dem sogenannten mittleren Parallel von 45°. Die vielen Pendelversuche, welche in der Nähe der Gebirgsketten gemacht worden sind, haben hier den schon früher erkannten Einfluß von lokalen Anziehungen, die sich aus der Vergleichung der astronomischen Breiten mit den Resultaten der geodätischen Messungen ergeben,[4] auf eine merkwürdige Weise bestätigt.

Nach den zwei Unterarten der unmittelbaren Gradmessung: a) auf Meridian- und b) auf Parallelbogen, ist noch

Länder	Geogr. Breite der Mitte des gemessenen Bogens	Länge des gemessenen Bogens	Die aus den Beobachtungen folgende Länge eines Grades für die Breite der Mitte des gemessenen Bogens in m	Beobachter
Schweden . . .	66° 20′ 10″ 66 19 37	1° 37′ 19,6″ 0 57 30,4	111 488,5 111 476,8	Svanberg, Maupertuis
Rußland	56 3 55,5	8 2 28,9	111 360,2	Struve, Tenner
Preußen	54 58 26,0	1 30 29,0	111 376,25	Bessel, Baeyer
Dänemark . . .	54 8 13,7	1 31 53,3	111 296,6	Schumacher
Hannover . . .	52 32 16,6	2 0 57,4	111 341,5	Gauß
England	52 35 45,0 52 2 19,4	3 57 13,1 2 50 23,5	111 241,3 111 235,1	Roy, Mudge, Kater
Frankreich . . .	44 51 2,5	12 22 12,7	111 119,5	Delambre, Méchain, Biot, Arago
Nordamerika . .	39 12 0	1 28 45,0	110 724,2	Mason, Dixon
Ostindien . . .	16 8 21,5 12 32 20,8	15 57 40,7 1 34 56,4	110 654,1 110 625,2	Lambton, Everest Lambton
Quito (südl. Br.) .	1 31 0,4	3 7 3,5	110 831,4	La Condamine, Bouguer
Vorgebirge der guten Hoffnung (südl. Br.)	33 18 30 35 43 20	1 13 17,5 3 34 34,7	111 164,1 110 942,1	Lacaille, Maclear

eine rein astronomische Bestimmung der Figur der Erde zu nennen. Es gründet sich dieselbe auf die Einwirkung, welche die Erde auf die Mondbewegung (auf die Ungleichheiten in der Länge und Breite des Mondes) ausübt. Laplace, der zuerst die Ursache dieser Ungleichheiten aufgefunden, hat auch deren Anwendung gelehrt und scharfsinnig gezeigt, wie dieselbe den großen Vorzug gewährt, welchen vereinzelte Gradmessungen und Pendelversuche nicht darzubieten vermögen, den Vorzug, die *mittlere* Figur (die Gestalt, welche dem *ganzen* Planeten zugehört) in einem einzigen einfachen Resultate zu offenbaren. Man erinnert hier gern wieder[5] an den glücklichen Ausdruck des Erfinders der Methode, „daß ein Astronom, ohne seine Sternwarte zu verlassen, in der Bewegung eines Himmelskörpers die individuelle Gestalt der Erde, seines Wohnsitzes, lesen könne". Nach einer letzten Revision der beiden Ungleichheiten in der Länge und Breite unseres Satelliten und durch die Benutzung von mehreren tausend Beobachtungen von Bürg, Bouvard und Burckhard fand Laplace vermittelst dieser seiner Lunarmethode eine Abplattung, welche der der Breitengradmessungen $(\frac{1}{309})$ nahe genug kommt, nämlich $\frac{1}{206}$.

Ein drittes Mittel, die Gestalt der Erde (d. i. das Verhältnis der großen zur kleinen Achse unter der Voraussetzung einer elliptisch sphäroidischen Gestalt) durch Ergründung des Gesetzes zu finden, nach welchem vom Aequator gegen die Rotationspole hin die *Schwere* zunimmt, bieten die *Schwingungen der Pendel* dar. Zur Zeitbestimmung hatten sich dieser Schwingungen zuerst die arabischen Astronomen und namentlich Ebn-Junis, am Ende des 10. Jahrhunderts, in der Glanzperiode der Abbassidischen Kalifen,[6] bedient; auch, nach sechshundertjähriger Vernachlässigung, Galilei und der Pater Riccioli zu Bologna. Durch Verbindung mit Räderwerk zur Regulierung des Ganges der Uhren (angewandt zuerst in den unvollkommenen Versuchen von Sanctorius zu Padua 1612, dann in der vollendeten Arbeit von Huygens 1656) hat das Pendel in Richers Vergleichung des Ganges derselben astronomischen Uhr zu Paris und Cayenne (1672) den ersten materiellen Beweis von der verschiedenen Intensität der Schwere unter verschiedenen Breiten gegeben. Picard war zwar mit der Ausrüstung zu dieser wichtigen Reise beschäftigt, aber er schreibt sich deshalb nicht das Verdienst

des ersten Vorschlages zu. Richer verließ Paris im Oktober 1671, und Picard, in der Beschreibung seiner Breitengradmessung, die ebenfalls im Jahre 1671 erschien, erwähnt bloß [7] „einer Vermutung, welche in einer der Sitzungen der Akademie von einem Mitgliede geäußert worden sei, und nach welcher wegen der Rotation der Erde die Gewichte eine geringere Schwere unter dem Aequator als unter dem Pole haben möchten". Er fügt zweifelnd hinzu, „daß allerdings nach einigen Beobachtungen, welche in London, Lyon und Bologna angestellt seien, es scheine, als müsse das Sekundenpendel verkürzt werden, je näher man dem Aequator komme; aber andererseits sei er auch nicht genug von der Genauigkeit der angegebenen Messungen überzeugt, weil im Haag die Pendellänge trotz der nördlicheren Lage ganz wie in Paris gefunden werde". Wann Newton zuerst die ihm so wichtige Kenntnis von den durch Richer 1672 erlangten, aber erst 1679 durch den Druck veröffentlichten Pendelresultaten, oder von Cassinis schon vor 1666 gemachter Entdeckung der Abplattung des Jupiter erhalten hat, wissen wir leider nicht mit derselben Genauigkeit, als uns seine sehr verspätete Kenntnis von Picards Gradmessung erwiesen ist. In einem Zeitpunkte, wo in einem so glücklichen Wettkampfe theoretische Ansichten zu Anstellung von Beobachtungen anregten und wiederum Ergebnisse der Beobachtung auf die Theorie reagierten, ist für die Geschichte der mathematischen Begründung einer physischen Astronomie die genaue Aufzählung der einzelnen Epochen von großem Interesse.

Wenn die unmittelbaren Messungen von Meridian- und Parallelgraden (die ersteren vorzugsweise in der französischen Gradmessung zwischen Br. 44° 42′ und 47° 30′, die zweiten bei Vergleichung von Punkten, die östlich und westlich liegen von den Grajischen, Cottischen und Meeralpen), schon große Abweichungen von der mittleren ellipsoidischen Gestalt der Erde verraten, so sind die Schwankungen in dem Maße der Abplattung, welche geographisch verschieden verteilte Pendellängen und ihre Gruppierungen geben, noch um vieles auffallender. Die Bestimmung der Figur der Erde durch die zu- oder abnehmende Schwere (Intensität der örtlichen Attraktion) setzt voraus, daß die Schwere an der Oberfläche des rotierenden Sphäroids dieselbe blieb, welche sie zu der Zeit der Erstarrung aus dem flüssigen Zustande war, und daß nicht spätere Veränderungen der Dichtigkeit daselbst

vorgingen.[8] Trotz der großen Vervollkommnung der Instrumente und Methoden durch Borda, Kater und Bessel sind gegenwärtig in beiden Erdhälften: von den Malouinen, wo Freycinet, Duperrey und Sir James Roß nacheinander beobachtet haben, bis Spitzbergen, also von 51° 35′ südl. bis 79° 50′ n. Br., doch nur 65 bis 70 unregelmäßig zerstreute Punkte[9] anzugeben, in denen die Länge des einfachen Pendels mit derselben Genauigkeit bestimmt worden ist als die Ortsposition in Breite, Länge und Höhe über dem Meere.

Sowohl durch die Pendelversuche auf dem von den französischen Astronomen gemessenen Teile eines Meridianbogens wie durch die Beobachtungen, welche Kapitän Kater bei der trigonometrischen Aufnahme in Großbritannien gemacht, wurde anerkannt, daß die Resultate sich keineswegs einzeln durch eine Variation der Schwere im Verhältnis des Quadrats des Sinus der Breite darstellen ließen. Es entschloß sich daher die englische Regierung (auf Anregung des Vizepräsidenten der Royal Society, Davies Gilbert) zur Ausrüstung einer wissenschaftlichen Expedition, welche meinem Freunde Eduard Sabine, der als Astronom den Kapitän Parry auf seiner ersten Nordpolunternehmung begleitet hatte, anvertraut wurde. Dieselbe führte ihn in den Jahren 1822 und 1823 längs der westlichen afrikanischen Küste von Sierra Leone bis zu der Insel S. Thomas, nahe am Aequator, dann über Ascension nach der Küste von Südamerika (von Bahia bis zum Ausfluß des Orinoko), nach Westindien und Neuengland, wie im hohen arktischen Norden bis Spitzbergen und zu einem von gefahrdrohenden Eiswällen verdeckten, noch unbesuchten Teile des östlichen Grönlands (74° 32′). Dieses glänzende und so glücklich ausgeführte Unternehmen hatte den Vorzug, daß es seinem Hauptzwecke nach nur auf einen Gegenstand gerichtet war und Punkte umfaßte, die 93 Breitegrade voneinander entfernt sind.

Der Aequinoktial- und arktischen Zone weniger genähert lag das Feld der französischen Gradmessungen, aber es gewährte dasselbe den großen Vorteil einer linearen Gruppierung der Beobachtungsorte und der unmittelbaren Vergleichung mit der partiellen Bogenkrümmung, wie sie sich aus den geodätisch-astronomischen Operationen ergeben hatte. Biot hat die Reihe der Pendelmessungen von Formentera aus (38° 39′ 56″), wo er früher mit Arago und Chaix beobachtete, im Jahre 1824 bis nach Unst, der nördlichsten der Shetlandsinseln (60° 55′ 25″),

fortgesetzt, und sie mit Mathieu aus den Parallelen von Bordeaux, Figeac und Padua bis Fiume erweitert. Diese Pendelresultate, mit denen von Sabine verglichen, geben für den ganzen nördlichen Quadranten allerdings die Abplattung von $\frac{1}{290}$, aber, in zwei Hälften getrennt, um so abweichendere Resultate:[10] vom Aequator bis 45° gar $\frac{1}{276}$, und von 45° bis zum Pol $\frac{1}{306}$. Der Einfluß der umgebenden dichteren Gebirgsmassen (Basalt, Grünstein, Diorit, Melaphyr, im Gegensatz von spezifisch leichteren Flöz- und Tertiärformationen) hat sich für beide Hemisphären (wie der die Intensität der Schwere vermehrende Einfluß der vulkanischen Eilande[11]) in den meisten Fällen erkennbar gemacht; aber viele Anomalien, die sich darbieten, lassen sich nicht aus der uns sichtbaren geologischen Bodenbeschaffenheit erklären.

Für die südliche Erdhälfte besitzen wir eine kleine Reihe vortrefflicher, aber freilich auf großen Flächen weit zerstreuter Beobachtungen von Freycinet, Duperrey, Fallows, Lütke, Brisbane und Rümker. Es bestätigen dieselben, was schon in der nördlichen Erdhälfte so auffallend ist, daß die Intensität der Schwere nicht an Oertern, welche gleiche Breite haben, dieselbe ist, ja daß die Zunahme der Schwere vom Aequator gegen die Pole unter verschiedenen Meridianen ungleichen Gesetzen unterworfen zu sein scheint. Wenn Lacailles Pendelmessungen am Vorgebirge der guten Hoffnung und die auf der spanischen Weltumseglung von Malaspino den Glauben hatten verbreiten können, daß die südliche Hemisphäre im allgemeinen beträchtlich mehr abgeplattet sei als die nördliche, so haben, wie ich schon an einem anderen Orte[12] angeführt, die Malouineninsel und Neuholland, verglichen mit New York, Dünkirchen und Barcelona, in genaueren Resultaten das Gegenteil erwiesen.

Aus dem bisher Entwickelten ergibt sich, daß das Pendel (ein nicht unwichtiges geognostisches Untersuchungsmittel, eine Art Senkblei in tiefe ungesehene Erdschichten geworfen) uns doch mit geringerer Sicherheit über die Gestalt unseres Planeten aufklärt, als Gradmessungen und Mondbewegung. Die konzentrischen, elliptischen, einzeln homogenen, aber von der Oberfläche gegen das Erdcentrum an Dichtigkeit (nach gewissen Funktionen des Abstandes) zunehmenden Schichten können in einzelnen Teilen des Erdkörpers nach ihrer Beschaffenheit, Lage und Dichtigkeitsfolge verschieden, an der Oberfläche lokale Ab-

weichungen in der Intensität der Schwere erzeugen. Sind die Zustände, welche jene Abweichungen hervorbringen, um vieles neuer als die Erhärtung der äußeren Rinde, so kann man sich die Figur der Oberfläche als örtlich nicht modifiziert durch die innere Bewegung der geschmolzenen Massen denken. Die Verschiedenheit der Resultate der Pendelmessung ist übrigens viel zu groß, als daß man sie gegenwärtig noch Fehlern der Beobachtung zuschreiben könnte. Wo auch durch mannigfach versuchte Gruppierung und Kombination der Stationen Uebereinstimmung in den Resultaten oder erkennbare Gesetzmäßigkeit gefunden wird, ergeben immer die Pendel eine größere Abplattung (ungefähr schwankend zwischen den Grenzen $\frac{1}{275}$ und $\frac{1}{290}$) als die, welche aus den Gradmessungen hat geschlossen werden können.

Beharren wir bei dieser, wie sie nach Bessels letzter Bestimmung gegenwärtig am allgemeinsten angenommen wird, also bei einer Abplattung von $\frac{1}{299{,}152}$, so beträgt die Anschwellung[13] unter dem Aequator eine Höhe von 3272077ᵗ bis 3261139ᵗ = 10838 Toisen oder 65628 Pariser Fuß (21318 m), ungefähr $2\frac{4}{5}$ (genauer 2,873) geogr. Meilen. Da man seit frühester Zeit gewohnt ist, eine solche Anschwellung oder konvexe Erhebung der Erdoberfläche mit wohlgemessenen Gebirgsmassen zu vergleichen, so wähle ich als Gegenstände der Vergleichung den höchsten unter den jetzt bekannten Gipfeln des Himalaya, den vom Oberst Waugh gemessenen Kintschindschinga von 4406 Toisen (26435 Fuß = 8587 m), und den Teil der Hochebene Tibets, welcher den Heiligen Seen Rakas-Tal und Manassarovar am nächsten ist, und nach Lieutenant Henry Strachey die mittlere Höhe von 2400 Toisen (4627 m) erreicht. Unser Planet ist demnach nicht ganz dreimal so viel in der Aequatorialzone angeschwollen, als die Erhebung des höchsten Erdberges über der Meeresfläche beträgt, fast fünfmal so viel als das östliche Plateau von Tibet.

Es ist hier der Ort, zu bemerken, daß die durch bloße Gradmessungen oder durch Kombinationen von Grad- und Pendelmessungen sich ergebenden Resultate der Abplattung weit geringere Verschiedenheiten[14] in der Höhe der Aequinoktialanschwellung darbieten, als man auf den ersten Anblick der Bruchzahlen zu vermuten geneigt sein könnte. Der Unterschied der Polarabplattungen $\frac{1}{310}$ und $\frac{1}{280}$ beträgt für die Unterschiede der größten und kleinsten Erdachse nach den

beiden äußersten Grenzzahlen nur etwas über 6600 Fuß (2144 m), nicht das Doppelte der kleinen Berghöhen des Brockens und des Vesuvs, ungefähr nur um $\frac{1}{10}$ abweichend von der Anschwellung, welche die Abplattung $\frac{1}{299}$ gibt.

Sobald genauere unter sehr verschiedenen Breiten gemachte Gradmessungen gelehrt hatten, daß die Erde in ihrem Inneren nicht gleichförmig dicht sein könne, weil die aufgefundenen Resultate der Abplattung die letztere um vieles geringer darstellen als Newton ($\frac{1}{230}$), um vieles größer als Huygens ($\frac{1}{578}$), der sich alle Anziehung im Centrum der Erde vereinigt dachte, annahmen, mußte der Zusammenhang des Wertes der Abplattung mit dem Gesetze der Dichtigkeit im Inneren der Erdkugel ein wichtiger Gegenstand des analytischen Kalküls werden. Die theoretischen Spekulationen über die Schwere leiteten früh auf die Betrachtung der Anziehung großer Gebirgsmassen, welche frei, klippenartig sich auf dem trockenen Boden des Luftmeeres erheben. Schon Newton untersuchte in seinen Treatise of the System of the World in a popular way 1728, um wieviel ein Berg, der an 2500 Pariser Fuß (822 m) Höhe und 5000 Fuß (1624 m) Durchmesser hätte, das Pendel von seiner lotrechten Richtung abziehen würde. In dieser Betrachtung liegt wahrscheinlich die Veranlassung zu den wenig befriedigenden Versuchen von Bouguer am Chimborazo,[15] von Maskelyne und Hutton am Berg Shehallien in Perthshire nahe bei Blair Athol, zu der Vergleichung von Pendellängen auf dem Gipfel einer 6000 Fuß (1950 m) erhabenen Hochebene mit der Pendellänge am Meeresufer (Carlini bei dem Hospitium des Mont Cenis, und Biot und Mathieu bei Bordeaux), zu den feinen und allein entscheidenden Experimenten von Reich (1837) und Baily mit dem von John Mitchell erfundenen und durch Wollaston zu Cavendish übergegangenen sinnreichen Apparate der Drehwage. Es ist von den drei Arten der Bestimmung der Dichtigkeit unseres Planeten (durch Bergnähe, Höhe einer Bergebene und Drehwage) in dem Naturgemälde (Kosmos Bd. I, S. 121—123 und 293 Anm. 94) so umständlich gehandelt worden, daß nur noch die in Reichs neuer Abhandlung[16] enthaltenen, in den Jahren 1847 und 1850 von diesem unermüdlichen Forscher angestellten Versuche hier erwähnt werden müssen. Das Ganze kann nach dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens folgendermaßen zusammengestellt werden:

Shehallien (nach dem Mittel des von Playfair gefundenen Max. 4,867 und Min. 4,559) . . . 4,713
Mont Cenis, Beob. von Carlini mit der Korrektion von Giulio 4,950
Drehwage:
Cavendish nach Bailys Berechnung 5,448
Reich 1838 5,440
Baily 1842 5,660
Reich 1847—1850 5,577

Das Mittel der beiden letzten Resultate gibt für die Dichtigkeit der Erde 5,62 (die des Wassers = 1 gesetzt) [s. Zus. am Schluß des Bandes], also viel mehr als die dichtesten feinkörnigen Basalte (nach Leonhards zahlreichen Versuchen 2,95—3,67), mehr als Magneteisenerz (4,9—5,2), um weniges geringer als gediegen Arsen von Marienberg oder Joachimsthal. Wir haben bereits oben (Kosmos Bd. I, S. 122) bemerkt, daß bei der großen Verbreitung von Flöz-, Tertiärformationen und aufgeschwemmten Schichten, welche den uns sichtbaren kontinentalen Teil der Erdoberfläche bilden (die plutonischen und vulkanischen Erhebungen erfüllen inselförmig überaus kleine Räume), die Feste in der oberen Erdrinde kaum eine Dichtigkeit von 2,4 bis 2,6 erreicht. Wenn man nun mit Rigaud das Verhältnis der Feste zur flüssigen ozeanischen Fläche wie 10 : 27 annimmt und erwägt, daß letztere nach Versuchen mit dem Senkblei über 26000 Pariser Fuß (8120 m) Wasserdicke erreicht, so ist die ganze Dichtigkeit der oberen Schichten des Planeten unter der trockenen und ozeanischen Oberfläche kaum 1,5. Es ist gewiß mit Unrecht, wie ein berühmter Geometer, Plana, bemerkt, daß der Verfasser der Mécanique céleste der oberen Erdschicht die Dichtigkeit des Granits zuschreibt und diese auch, etwas hoch, = 3 ansetzt [17], was ihm für das Centrum der Erde die Dichtigkeit von 10,047 gibt. Letztere wird nach Plana 16,27, wenn man die oberen Erdschichten = 1,83 setzt, was wenig von 1,5 oder 1,6 als totale Erdrindendichtigkeit abweicht. Das Pendel, das senkrechte wie das horizontale (die Drehwage), hat allerdings ein geognostisches Instrument genannt werden können; aber die Geologie der unzugänglichen inneren Erdräume ist, wie die Astrognosie der dunklen Weltkörper, nur mit vieler Vorsicht zu behandeln. Ich muß ohnedies noch in dem vulkanischen Abschnitt dieses Werkes die schon von anderen angeregten Probleme der Strömungen in der allgemeinen

Flüssigkeit des Inneren der Planeten, der wahrscheinlichen oder unwahrscheinlichen periodischen Ebbe- und Flutbewegung in einzelnen, nicht ganz gefüllten Becken, oder der Existenz undichter Räume unter den gehobenen Gebirgsketten, berühren. Es ist im Kosmos keine Betrachtung zu übergehen, auf welche wirkliche Beobachtungen oder nicht entfernte Analogieen zu leiten scheinen.

b. Innere Wärme des Erdkörpers und Verteilung derselben.

(Erweiterung des Naturgemäldes: Kosmos Bd. I, S. 123—126 und S. 294—295, Anm. 96—98.)

Die Betrachtungen über die innere Wärme des Erdkörpers, deren Wichtigkeit durch ihren jetzt so allgemein anerkannten Zusammenhang mit vulkanischen und Hebungserscheinungen erhöht worden ist, sind gegründet teils auf direkte und daher unbestreitbare Messungen der Temperatur in Quellen, Bohrlöchern und unterirdischen Grubenbauen, teils auf analytische Kombinationen über die allmähliche Erkältung unseres Planeten und den Einfluß, welchen die Wärmeabnahme auf die Rotationsgeschwindigkeit und auf die Richtung der inneren Wärmeströmungen in der Urzeit mag ausgeübt haben. Die Gestalt des abgeplatteten Erdsphäroids ist selbst wieder von dem Gesetze der zunehmenden Dichtigkeit abhängig in konzentrischen, übereinander liegenden, nicht homogenen Schalen. Der erste experimentale und darum sichere Teil der Untersuchung, auf den wir uns hier beschränken, verbreitet aber nur Licht über die uns allein zugängliche, ihrer Dicke nach unbedeutende Erdrinde, während der zweite, mathematische Teil, der Natur seiner Anwendung nach, mehr negative als positive Resultate liefert. Den Reiz scharfsinniger Gedankenverbindungen darbietend, leitet dieser zu Problemen, welche bei den Mutmaßungen über den Ursprung der vulkanischen Kräfte und die Reaktion des geschmolzenen Inneren gegen die starre äußere Schale nicht ganz unberührt bleiben können. Platons geognostische Mythe vom Pyriphlegethon, als Ursprung aller heißen Quellen wie der vulkanischen Feuerströme, war hervorgegangen aus dem so früh und so allgemein gefühlten Bedürfnis, für eine große und verwickelte Reihe von Erscheinungen eine gemeinsame Ursache aufzufinden.

Bei der Mannigfaltigkeit der Verhältnisse, welche die Erdoberfläche darbietet in Hinsicht auf Insolation (Sonneneinwirkung) und auf Fähigkeit, die Wärme auszustrahlen, bei der großen Verschiedenheit der Wärmeleitung nach Maßgabe der in ihrer Zusammensetzung und Dichte heterogenen Gebirgsarten, ist es nicht wenig zu bewundern, daß da, wo die Beobachtungen mit Sorgfalt und unter günstigen Umständen angestrebt sind, die Zunahme der Temperatur mit der Tiefe in sehr ungleichen Lokalitäten meist so übereinstimmende Resultate gegeben hat. Bohrlöcher, besonders wenn sie noch mit trüben, etwas durch Thon verdickten, den inneren Strömungen minder günstigen Flüssigkeiten gefüllt sind und wenig Zuflüsse seitwärts in verschiedenen Höhen durch Querklüfte erhalten, bieten bei sehr großer Tiefe die meiste Sicherheit dar. Wir beginnen daher, eben dieser Tiefe wegen, mit zweien der merkwürdigsten artesischen Brunnen: dem von Grenelle zu Paris und dem von Neusalzwerk im Soolbade Oeynhausen bei Minden. Die genauesten Bestimmungen für beide sind die, welche hier folgen:

Nach den Messungen von Walferdin,[18] dessen Scharfsinn man eine ganze Reihe feiner Apparate zur Bestimmung der Temperatur in den Tiefen des Meeres oder der Brunnen verdankt, liegt die Bodenfläche des Abattoir du Puits de Grenelle 36,24 m über dem Meere. Der obere Ausfluß der aufsteigenden Quelle ist noch 33,33 m höher. Diese Totalhöhe der steigenden Wasser (69,57 m) ist im Vergleich mit dem Niveau des Meeres ungefähr 60 m niedriger als das Ausgehen der Grünsandschicht in den Hügeln bei Lusigny, südöstlich von Paris, deren Infiltrationen man das Aufsteigen der Wasser im artesischen Brunnen von Grenelle zuschreibt. Die Wasser sind erbohrt in 547 m (1683 Pariser Fuß) Tiefe unter dem Boden des Abattoirs, oder 510,76 m (1572 Fuß) unter dem Meeresspiegel; also steigen sie im ganzen 580,33 m (1786 Fuß). Die Temperatur der Quelle ist 27,75° Cent. (22,2° R.) Die Zunahme der Wärme ist also 32,3 m (99½ Fuß) für 1° des hundertteiligen Thermometers.

Das Bohrloch zu Neusalzwerk bei Rehme liegt in seiner Mündung 217 Fuß (70,5 m) über der Meeresfläche (über dem Pegel bei Amsterdam). Es hat erreicht unter der Erdoberfläche: unter dem Punkte, wo die Arbeit begonnen ist, die absolute Tiefe von 2144 Fuß (696 m). Die Solquelle, welche mit vieler Kohlensäure geschwängert ausbricht, ist also

1926 Fuß (625,5 m) unter der Meeresfläche gelegen, eine relative Tiefe, die vielleicht die größte ist, welche die Menschen je im Inneren der Erde erreicht haben.[19] Die Solquelle von Neusalzwerk (Bad Oeynhausen) hat eine Temperatur von 32,8° (26,3° R.), und da die mittlere Jahrestemperatur der Luft in Neusalzwerk etwas über 9,6° (7,7° R.) beträgt, so darf man auf eine Zunahme der Temperatur von 1° Cent. für 92,4 Fuß oder 30 m schließen.[20] Das Bohrloch von Neusalzwerk[21] ist also, mit dem von Grenelle verglichen, 461 Fuß (149 m) absolut tiefer: es senkt sich 354 Fuß (115 m) mehr unter die Oberfläche des Meeres, und die Temperatur seiner Wasser ist 5,1° höher. Die Zunahme der Wärme ist in Paris für jeden hundertteiligen Grad um 7,1 Fuß, also kaum um 1/14 schneller. Ich habe schon oben[22] darauf aufmerksam gemacht, wie ein von Auguste de la Rive und Marcel zu Brégny bei Genf untersuchtes Bohrloch von nur 680 Fuß (220 m) Tiefe ein ganz gleiches Resultat gegeben hat, obgleich dasselbe in einer Höhe von mehr als 1500 Fuß (487 m) über dem Mittelländischen Meere liegt.

Wenn man den drei eben genannten Quellen, welche zwischen 680 und 2144 Fuß (220 bis 696 m) absoluter Tiefe erreichen, noch eine, die von Monk Wearmouth bei Newcastle (die Grubenwasser des Kohlenbergwerkes, in welchem nach Phillips 1404 Fuß [456 m] unter dem Meeresspiegel gearbeitet wird), hinzufügt, so findet man das merkwürdige Resultat, daß an vier voneinander so entfernten Orten die Wärmezunahme für 1° Cent. nur zwischen 91 und 99 Pariser Fuß (29,5 bis 21,1 m) schwankt.[23] Diese Uebereinstimmung kann aber nach der Natur der Mittel, welche man anwendet, um die innere Erdwärme in bestimmten Tiefen zu ergründen, nicht überall erwartet werden. Wenn auch angenommen wird, daß die auf Höhen sich infiltrierenden Meteorwasser durch hydrostatischen Druck, wie in kommunizierenden Röhren, das Aufsteigen der Quellen an tieferen Punkten bewirken, und daß die unterirdischen Wasser die Temperatur der Erdschichten annehmen, mit welchen sie in Kontakt gelangen, so können die erbohrten Wasser in gewissen Fällen, mit senkrecht niedergehenden Wasserklüften kommunizierend, doch noch einen anderen Zuwachs von Wärme aus uns unbekannter Tiefe erhalten. Ein solcher Einfluß, welchen man sehr von dem der verschiedenen Leitungsfähigkeit des Gesteins unterscheiden muß, kann an Punkten stattfinden, die dem Bohrloch sehr fern liegen.

Wahrscheinlich bewegen sich die Wasser im Inneren der Erde bald in beschränkten Räumen, auf Spalten gleichsam flußartig (daher oft von nahen Bohrversuchen nur einige gelingen), bald scheinen dieselben in horizontaler Richtung weit ausgedehnte Becken zu bilden, so daß dieses Verhältnis überall die Arbeit begünstigt und in sehr seltenen Fällen die Anwesenheit von Aalen, Muscheln und Pflanzenresten einen Zusammenhang mit der Erdoberfläche verrät. Wie nun aus den oben bezeichneten Ursachen die aufsteigenden Quellen bisweilen wärmer sind, als nach der geringen Tiefe des Bohrlochs zu erwarten wäre, so wirken im entgegengesetzten Sinne kältere Wasser, welche aus seitwärts zuführenden Querklüften hervorbrechen.

Es ist bereits bemerkt worden, daß Punkte, welche im Inneren der Erde bei geringer Tiefe in derselben Vertikallinie liegen, zu sehr verschiedenen Zeiten das Maximum und Minimum der durch Sonnenstand und Jahreszeiten veränderten Temperatur der Atmosphäre empfangen. Nach den immer sehr genauen Beobachtungen von Quetelet sind die täglichen Variationen schon in der Tiefe von 3⅘ Fuß (1,21 m) nicht mehr bemerkbar, und zu Brüssel trat die höchste Temperatur in 24 Fuß (7,8 m) tief eingesenkten Thermometern erst am 10. Dezember, die niedrigste am 15. Juni ein. Auch in den schönen Versuchen, die Forbes in der Nähe von Edinburg über das Leitungsvermögen verschiedener Gebirgsarten anstellte, trat das Maximum der Wärme im basaltartigen Trapp von Calton-Hill erst am 28. Januar in 23 Fuß (7,47 m) Tiefe ein. Nach der vieljährigen Reihe von Beobachtungen Aragos im Garten der Pariser Sternwarte sind im Laufe eines ganzen Jahres noch sehr kleine Temperaturunterschiede bis 28 Fuß (9,1 m) unter der Oberfläche bemerkbar gewesen. Ebenso fand sie Bravais noch 1° in 26½ Fuß (8,6 m) Tiefe im hohen Norden zu Bosekop in Finmark (Br. 69° 58′). Der Unterschied zwischen den höchsten und niedrigsten Temperaturen des Jahres ist um so kleiner, je tiefer man hinabsteigt. Nach Fourier nimmt dieser Unterschied in geometrischer Reihe ab, wenn die Tiefe in arithmetischer wächst.

Die invariable Erdschicht ist in Hinsicht ihrer Tiefe (ihres Abstandes von der Oberfläche) zugleich abhängig von der Polhöhe, von der Leitungsfähigkeit des umgebenden Gesteins und der Größe des Temperaturunterschiedes zwischen der heißesten und kältesten Jahreszeit. In der Breite von Paris (48° 50′) werden herkömmlich die Tiefe und Temperatur

der Caves de l'Observatoire (86 Fuß = 28 m und 11,834°) für Tiefe und Temperatur der invariablen Erdschicht gehalten. Seitdem (1783) Cassini und Legentil ein sehr genaues Quecksilberthermometer in jenen unterirdischen Räumen, welche Teile alter Steinbrüche sind, aufgestellt haben, ist der Stand des Quecksilbers in der Röhre um 0,22° gestiegen.[24] Ob die Ursache dieses Steigens einer zufälligen Veränderung der Thermometerskale, die jedoch von Arago 1817 mit der ihm eigenen Sorgfalt berichtigt worden ist, oder wirklich einer Wärmeerhöhung zugeschrieben werden müsse, ist noch unentschieden. Die mittlere Temperatur der Luft in Paris ist 10,822°. Bravais glaubt, daß das Thermometer in den Caves de l'Observatoire schon unter der Grenze der invariablen Erdschicht stehe, wenngleich Cassini noch Unterschiede von zwei Hundertteilen eines Grades zwischen der Winter- und Sommertemperatur finden wollte, aber freilich die wärmere Temperatur im Winter. Wenn man das Mittel vieler Beobachtungen der Bodenwärme zwischen den Parallelen von Zürich (47° 22′) und Upsala (59° 51′) nimmt, so erhält man für 1° Temperaturzunahme die Tiefe von 67½ Fuß (22 m). Die Unterschiede der Breite steigen nur auf 12 bis 15 Fuß (3,9 bis 4,87 m) Tiefe, und zwar ohne regelmäßige Veränderung von Süden nach Norden, weil der gewiß vorhandene Einfluß der Breite sich in diesen noch zu engen Grenzen der Verschiedenheit der Tiefen mit dem Einfluß der Leitungsfähigkeit des Bodens und der Fehler der Beobachtung vermischt.

Da die Erdschicht, in der man anfängt, keine Temperaturveränderung mehr den ganzen Jahrescyklus hindurch zu bemerken, nach der Theorie der Wärmeverteilung um so weniger von der Oberfläche entfernt liegt, als die Maxima und Minima der Jahrestemperatur weniger voneinander verschieden sind, so hat diese Betrachtung meinen Freund, Herrn Boussingault, auf die scharfsinnige und bequeme Methode geleitet, in der Tropengegend, besonders 10° nördlich und südlich vom Aequator, die mittlere Temperatur eines Ortes durch die Beobachtung eines Thermometers zu bestimmen, das 8 bis 12 Zoll (24 bis 32 cm) in einem b e d e c k t e n R a u m e eingegraben ist. Zu den verschiedensten Stunden, ja in verschiedenen Monaten (wie die Versuche vom Oberst Hall nahe am Litorale des Choco, in Tumaco, die von Salaza in Quito, die von Boussingault in la Vega de Zupia, Marmato und Anserma Nuevo im Caucathale beweisen), hat die Temperatur nicht um zwei

Zehntel eines Grades variiert, und fast in denselben Grenzen ist sie identisch mit der mittleren Temperatur der Luft an solchen Orten gewesen, wo letztere aus stündlichen Beobachtungen hergeleitet worden ist. Dazu blieb diese Identität, was überaus merkwürdig erscheint, sich vollkommen gleich, die thermometrischen Sonden (von weniger als 1 Fuß = 32 cm Tiefe) mochten am heißen Ufer der Südsee in Guayaquil und Payta, oder in einem Indianerdörfchen am Abhange des Vulkans von Puracé, das ich nach meinen Barometermessungen 1356 Toisen (2643,2 m) hoch über dem Meere gefunden habe, angestellt werden. Die mittleren Temperaturen waren in diesen Höhenabständen um volle 14° verschieden.[25]

Eine besondere Aufmerksamkeit verdienen, glaube ich, zwei Beobachtungen, die ich in den Gebirgen von Peru und Mexiko gemacht habe, in Bergwerken, welche höher liegen als der Gipfel des Pik von Tenerifa, höher als alle, in die man wohl bis dahin je ein Thermometer getragen hatte. Mehr als 12000 Fuß (3900 m) über dem Meeresspiegel habe ich die unterirdische Luft 14° wärmer als die äußere gefunden. Das peruanische Städtchen Micuipampa liegt nämlich nach meinen astronomischen und hypsometrischen Beobachtungen in der südlichen Breite von 6° 43′ und in der Höhe von 1857 Toisen (3618 m), am Fuß des wegen seines Silberreichtums berühmten Cerro de Gualgayoc. Der Gipfel dieses fast isolierten, sich kastellartig und malerisch erhebenden Berges ist 240 Toisen (467 m) höher als das Straßenpflaster des Städtchens Micuipampa. Die äußere Luft war fern vom Stollenmundloch der Mina del Purgatorio 5,7°, aber in dem Inneren der Grubenbaue, ungefähr in 2057 Toisen (4009 m) Höhe über dem Meere, sah ich das Thermometer überall die Temperatur von 19,8° anzeigen, Differenz 14,1°. Das Kalkgestein war vollkommen trocken und sehr wenige Bergleute arbeiteten dort. In der Mina de Guadalupe, die in derselben Höhe liegt, fand ich die innere Lufttemperatur 14,4°, also Differenz gegen die äußere Luft 8,7°. Die Wasser, welche hier aus der sehr nassen Grube hervorströmten, hatten 11,3°. Die mittlere jährliche Lufttemperatur von Micuipampa ist wahrscheinlich nicht über 7½°. In Mexiko, in den reichen Silberbergwerken von Guanaxuato, fand ich in der Mina de Valenciana die äußere Lufttemperatur in der Nähe des Tiro Nuevo (7122 Fuß = 2336 m über dem Meere) 21,2° und die Grubenluft im Tiefsten, in den Planes de San Bernardo

(1530 Fuß = 497 m unter der Oeffnung des Schachtes Tiro Nuevo), volle 27°, ungefähr die Mitteltemperatur des Litorales am Mexikanischen Meerbusen. In einer Strecke, welche 138 Fuß (44,7 m) höher als die Sohle der Planes de San Bernardo liegt, zeigt sich, aus dem Quergestein ausbrechend, eine Quelle mit der Wärme von 29,3°. Die von mir bestimmte nördliche Breite der Bergstadt Guanaxuato ist 21° 0′ bei einer Mitteltemperatur, welche ungefähr zwischen 15,8° und 16,2° fällt. Es würde ungeeignet sein, hier über die Ursachen vielleicht ganz lokaler Erhöhung der unterirdischen Temperatur in Gebirgshöhen von 6000 bis 12000 Fuß (1950 bis 3900 m) schwer zu begründende Vermutungen aufzustellen.

Einen merkwürdigen Kontrast bieten die Verhältnisse des Bodeneises in den Steppen des nördlichsten Asiens dar. Trotz der frühesten Zeugnisse von Gmelin und Pallas war selbst die Existenz desselben in Zweifel gezogen worden. Ueber die Verbreitung und Dicke der Schicht des unterirdischen Eises hat man erst in der neuesten Zeit durch die trefflichen Untersuchungen von Erman, Baer und Middendorff richtige Ansichten gewonnen. Nach den Schilderungen von Grönland durch Cranz, von Spitzbergen durch Martens und Phipps, der Küsten des Karischen Meeres von Sujew, wurde durch unvorsichtige Verallgemeinerung der ganze nördlichste Teil von Sibirien als vegetationsleer, an der Oberfläche stets gefroren und mit ewigem Schnee selbst *in der Ebene* bedeckt beschrieben. Die äußerste Grenze hohen Baumwuchses ist im nördlichen Asien nicht, wie man lange annahm und wie Seewinde und die Nähe des Obischen Meerbusens es bei Obdorsk veranlassen, der Parallel von 67°; das Flußthal des großen Lenastromes hat hohe Bäume bis zur Breite von 71°. In der Einöde der Inseln von Neusibirien finden große Herden von Renntieren und zahllose Lemminge noch hinlängliche Nahrung. Die zwei sibirischen Reisen von Middendorff, welchen Beobachtungsgeist, Kühnheit im Unternehmen und Ausdauer in mühseliger Arbeit auszeichnen, waren 1843 bis 1846 nördlich im Taymirlande bis zu 75¾° Breite und südöstlich bis an den oberen Amur und das Ochotskische Meer gerichtet. Die erste so gefahrvoller Reisen hatte den gelehrten Naturforscher in eine bisher ganz unbesuchte Region geführt. Sie bot um so mehr Wichtigkeit dar, als diese Region gleich weit von der Ost- und Westküste des alten Kontinents entfernt ist. Neben der Verbreitung der Organismen im höchsten Norden, als hauptsächlich von klimatischen Ver-

hältnissen abhängig, war im Auftrage der Petersburger Akademie der Wissenschaften die genaue Bestimmung der Bodentemperatur und der Dicke des unterirdischen Bodeneises ein Hauptzweck der Expedition. Es wurden Untersuchungen angestellt in Bohrlöchern und Gruben von 20 bis 57 Fuß (6,5 bis 18,5 m) Tiefe an mehr denn 12 Punkten (bei Turuchansk, am Jenisei und an der Lena), in relativen Entfernungen von 400 bis 500 geogr. Meilen.

Der wichtigste Gegenstand solcher geothermischen Beobachtungen blieb aber der Scherginschacht[26] zu Jakutsk (Br. 62° 2′). Hier war eine unterirdische Eisschicht durchbrochen worden in der Dicke von mehr als 358 Pariser Fuß (116 m). Längs den Seitenwänden des Schachtes wurden Thermometer an elf übereinander liegenden Punkten zwischen der Oberfläche und dem Tiefsten des Schachtes, den man 1837 erreichte, eingesenkt. In einem Eimer (Kübel) stehend, einen Arm beim Herablassen an einem Seil befestigt, mußte der Beobachter die Thermometerskalen ablesen. Die Reihe der Beobachtungen, deren mittleren Fehler man nur zu 0,25° anschlägt, umfaßte den Zeitraum vom April 1844 bis Juni 1846. Die Abnahme der Kälte war im einzelnen zwar nicht den Tiefen proportional, doch fand man folgende im ganzen zunehmende Mitteltemperaturen der übereinander liegenden Eisschichten:

50	engl.	Fuß	(15,24 m) . . .	— 6,61° R.
100	„	„	(30,48 „) . . .	— 5,22
150	„	„	(45,7 „) . . .	— 4,64
200	„	„	(60,96 „) . . .	— 3,88
250	„	„	(76,2 „) . . .	— 3,34
382	„	„	(116 „) . . .	— 2,30

Nach einer sehr gründlichen Diskussion aller Beobachtungen bestimmt Middendorff die allgemeine Temperaturzunahme[27] für 1° Reaumur zu 110 bis 117 englischen Fußen, also zu 75 bis 88 Pariser Fuß auf 1° des 100teiligen Thermometers. Dieses Resultat bezeugt eine schnellere Wärmezunahme im Scherginschachte, als mehrere sehr übereinstimmende Bohrlöcher im mittleren Europa gegeben haben (s. oben S. 27). Der Unterschied fällt zwischen ¼ und ⅛. Die mittlere jährliche Temperatur von Jakutsk wurde zu — 8,13° Reaumur (— 10,15° Cent.) angenommen. Die Oscillation der Sommer- und Wintertemperatur ist nach Newerows fünfzehnjährigen Beobachtungen (1829 bis 1844) von der Art, daß bisweilen im

Juli und August 14 Tage hintereinander die Luftwärme bis 20° und 23,4° Reaumur (25° und 29,3° Cent.) steigt, wenn in 120 aufeinanderfolgenden Wintertagen (November bis Februar) die Kälte zwischen 33° und 44,8° (41,2° und 55,9° Cent.) unter dem Gefrierpunkt schwankt. Nach Maßgabe der bei Durchsenkung des Bodeneises gefundenen Temperaturzunahme ist die Tiefe unter der Erdoberfläche zu berechnen, in welcher die Eisschichte der Temperatur 0°, also der unteren Grenze des gefrorenen Erdreiches, am nächsten ist. Sie würde in dem Scherginschacht nach Middendorffs Angabe, welche mit der viel früheren Ermans ganz übereinstimmt, erst in 612 oder 642 Fuß (186,5 bis 195,6 m) Tiefe gefunden werden. Dagegen schiene nach der Temperaturzunahme, welche in den freilich noch nicht 60 Fuß (18,3 m) tiefen und kaum 1 Meile von Irkutsk entfernten Mangan-, Schilow- und Dawydowgruben, in der hügeligen Kette des linken Lenaufers, beobachtet wurde, die Normalschicht von 0° schon in 300 Fuß (91,4 m), ja in noch geringerer Tiefe zu liegen.[28] Ist diese Ungleichheit der Lage nur scheinbar, weil eine numerische Bestimmung, auf so unbedeutende Schachttiefen gegründet, überaus unsicher ist und die Temperaturzunahme nicht immer demselben Gesetze gehorcht? Ist es gewiß, daß, wenn man aus dem Tiefsten des Scherginschachtes eine horizontale (söhlige) Strecke viele hundert Lachter weit ins Feld triebe, man in jeder Richtung und Entfernung gefrorenes Erdreich und dieses gar mit einer Temperatur von 2,5° unter dem Nullpunkt finden würde?

Schrenk hat das Bodeneis in 67,5° Breite im Lande der Samojeden untersucht. Um Pustojenskoy Gorodok wird das Brunnengraben durch Anwendung des Feuers beschleunigt. Mitten im Sommer fand man die Eisschicht schon in 5 Fuß (1,5 m) Tiefe. Man konnte sie in der Dicke von 63 Fuß (19,3 m) verfolgen, als plötzlich die Arbeit gestört ward. Ueber den nahen Landsee von Ustje konnte man 1813 den ganzen Sommer hindurch im Schlitten fahren. Auf meiner sibirischen Expedition mit Ehrenberg und Gustav Rose ließen wir bei Bogoslowsk (Breite 59° 44′), an dem Wege nach den Turjinschen Gruben, im Ural einen Schurf in einem torfigen Boden graben. In 5 Fuß (1,5 m) Tiefe traf man schon auf Eisstücke, die breccienartig mit gefrorener Erde gemengt waren; dann begann dichtes Eis, das in 10 Fuß (3 m) Tiefe noch nicht durchsenkt wurde.

Die geographische Erstreckung des Eisbodens, d. i. der Verlauf der Grenze, an der man im hohen Norden von der Skandinavischen Halbinsel an bis gegen die östlichen Küsten Asiens im August und also das ganze Jahr hindurch in gewisser Tiefe Eis und gefrorenes Erdreich findet, ist nach Middendorffs scharfsinniger Verallgemeinerung des Beobachteten, wie alle geothermischen Verhältnisse, noch mehr von örtlichen Einflüssen abhängig, als die Temperatur des Luftkreises. Der Einfluß der letzteren ist im ganzen gewiß der entscheidendste, aber die Isogeothermen sind, wie schon Kupffer bemerkt hat, in ihren konvexen und konkaven Krümmungen nicht den klimatischen Isothermen, welche von den Temperaturmitteln der Atmosphäre bestimmt werden, parallel. Das Eindringen der aus der Atmosphäre tropfbar niedergeschlagenen Dämpfe, das Aufsteigen warmer Quellwasser aus der Tiefe, und die so verschiedene wärmeleitende Kraft des Bodens scheinen besonders wirksam zu sein. „An der nördlichsten Spitze des europäischen Kontinents, in Finmarken, unter 70° und 71° Breite, ist noch kein zusammenhängender Eisboden vorhanden. Ostwärts in das Flußthal des Obi eintretend, 5° südlicher als das Nordkap, findet man Eisboden in Obdorsk und Beresow. Gegen Ost und Südost nimmt die Kälte des Bodens zu, mit Ausnahme von Tobolsk am Irtysch, wo die Temperatur des Bodens kälter ist als bei dem 1° nördlicheren Witimsk im Lenathale. Turuchansk (65° 54′) am Jenisei liegt noch auf ungefrorenem Boden, aber ganz nahe an der Grenze des Eisbodens. Amginsk, südöstlich von Jakutsk, hat einen ebenso kalten Boden, als das 5° nördlichere Obdorsk; ebenso ist Oleminsk am Jenisei. Vom Obi bis zum Jenisei scheint sich die Kurve des anfangenden Bodeneises wieder um ein paar Breitengrade nordwärts zu erheben, um dann, in ihrem südlich gewandten Verlaufe, das Lenathal fast 8° südlicher als den Jenisei zu durchschneiden. Weiterhin in Osten steigt die Linie wiederum in nördlicher Richtung an.“ [29] Kupffer, der die Gruben von Nertschinsk besucht hat, deutet darauf hin, daß, abgesehen von der zusammenhängenden nördlichen Gesamtmasse des Eisbodens, es in südlicheren Gegenden auch ein inselförmiges Auftreten des Phänomens gibt. Im allgemeinen ist dasselbe von den Vegetationsgrenzen und dem Vorkommen hohen Baumwuchses vollkommen unabhängig.

Es ist ein bedeutender Fortschritt unseres Wissens, nach

und nach eine generelle, echt kosmische Uebersicht der Temperaturverhältnisse der Erdrinde im nördlichen Teile des alten Kontinents zu erlangen, und zu erkennen, daß unter verschiedenen Meridianen die Grenze des Bodeneises, wie die Grenzen der mittleren Jahrestemperatur und des Baumwuchses, in sehr verschiedenen Breiten liegt, wodurch perpetuierliche Wärmeströmungen im Inneren der Erde erzeugt werden müssen. Im nordwestlichen Teile von Amerika fand Franklin den Boden, Mitte August, schon in einer Tiefe von 16 Zoll (40 cm) gefroren. Richardson sah an einem östlicheren Punkte der Küste, 71° 12′ Breite, die Eisschicht im Juli aufgetaut bis 3 Fuß (90 cm) unter der krautbedeckten Oberfläche. Mögen wissenschaftliche Reisende uns bald allgemeiner über die geothermischen Verhältnisse in diesem Erdteile und in der südlichen Hemisphäre unterrichten! Einsicht in die Verkettung der Phänomene leitet am sichersten auf die Ursachen verwickelt scheinender Anomalieen, auf das, was man voreilig Ungesetzlichkeit nennt.

c. Magnetische Thätigkeit des Erdkörpers in ihren drei Kraftäußerungen: der Intensität, der Neigung und der Abweichung. — Punkte (magnetische Pole genannt), in denen die Neigung 90° ist. — Kurve, auf der keine Neigung beobachtet wird (magnetischer Aequator). — Vier Punkte der größten, aber unter sich verschiedenen Intensität. — Kurve der schwächsten Intensität. — Außerordentliche Störungen der Deklination (magnetische Gewitter). — Polarlicht.

(Erweiterung des Naturgemäldes: Kosmos Bd. I, S. 126—143 und 295—306, Anm. 99—123; Bd. II, S. 256—259 und 350, Anm. 214 und 215; Bd. III, S. 282—283.)

Die magnetische Konstitution unseres Planeten kann nur aus den vielfachen Manifestationen der Erdkraft, insofern sie meßbare Verhältnisse im Raume und in der Zeit darbieten, geschlossen werden. Diese Manifestationen haben das Eigentümliche, daß sie ein ewig Veränderliches der Phänomene darbieten, und zwar in einem weit höheren Grade noch als Temperatur, Dampfmenge und elektrische Tension der unteren Schichten des Luftkreises. Ein solcher ewiger Wechsel in den miteinander verwandten magnetischen

und elektrischen Zuständen der Materie unterscheidet auch wesentlich die Phänomene des Elektromagnetismus von denen, welche durch die primitive Grundkraft der Materie, ihre Molekular- und Massenanziehung bei unveränderten Abständen bedingt werden. Ergründung des Gesetzlichen in dem Veränderlichen ist aber das nächste Ziel aller Untersuchung einer Kraft in der Natur. Wenn auch durch die Arbeiten von Coulomb und Arago erwiesen ist, daß in den verschiedenartigsten Stoffen der elektromagnetische Prozeß erweckt werden kann, so zeigt sich in Faradays glänzender Entdeckung des Diamagnetismus in den Unterschieden nordsüdlicher und ostwestlicher Achsenstellung doch wieder der aller Massenanziehung fremde Einfluß der Heterogeneität der Stoffe. Sauerstoffgas, in eine dünne Glasröhre eingeschlossen, richtet sich unter Einwirkung eines Magneten, paramagnetisch, wie Eisen, nordsüdlich; Stickstoff-, Wasserstoff- und kohlensaures Gas bleiben unerregt, Phosphor, Leder und Holz richten sich, diamagnetisch, äquatorial von Osten nach Westen.

In dem griechischen und römischen Altertume kannte man: Festhalten des Eisens am Magnetstein, Anziehung und Abstoßung, Fortpflanzung der anziehenden Wirkung durch eherne Gefäße wie auch durch Ringe,[30] die einander kettenförmig tragen, solange die Berührung eines Ringes am Magnetstein dauert, Nichtanziehen des Holzes oder anderer Metalle als Eisens. Von der polarischen Richtkraft, welche der Magnetismus einem beweglichen, für seinen Einfluß empfänglichen Körper mitteilen könne, wußten die westlichen Völker (Phönizier, Tusker, Griechen und Römer) nichts. Die Kenntnis dieser Richtkraft, welche einen so mächtigen Einfluß auf die Vervollkommnung und Ausdehnung der Schiffahrt ausgeübt, ja dieser materiellen Wichtigkeit wegen so anhaltend zu der Erforschung einer allverbreiteten und doch vorher wenig beachteten Naturkraft angereizt hat, finden wir bei jenen westlichen europäischen Völkern erst seit dem 11. und 12. Jahrhundert. In der Geschichte und Aufzählung der Hauptmomente physischer Weltanschauung hat das, was wir hier summarisch unter einen Gesichtspunkt stellen, mit Angabe der einzelnen Quellen, in mehrere Abschnitte verteilt werden müssen.

Bei den Chinesen sehen wir Anwendung der magnetischen Richtkraft, Benutzung der Süd- und Nordweisung

durch auf dem Wasser schwimmende Magnetnadeln bis zu einer Epoche hinaufsteigen, welche vielleicht noch älter ist, als die dorische Wanderung und die Rückkehr der Herakliden in den Peloponnes. Auffallend genug scheint es dazu, daß der Gebrauch der Südweisung der Nadel im östlichen Asien nicht in der Schiffahrt, sondern bei Landreisen angefangen hat. In dem Vorderteil der magnetischen Wagen bewegte eine frei schwimmende Nadel Arm und Hand einer kleinen Figur, welche nach dem Süden hinwies. Ein solcher Apparat, tse-nan (Andeuter des Südens) genannt, wurde unter der Dynastie der Tscheu 1100 Jahre vor unserer Zeitrechnung Gesandten von Tonkin und Cochinchina geschenkt, um ihre Rückkehr durch große Ebenen zu sichern. Der Magnetwagen[31] bediente man sich noch bis in das 15. Jahrhundert nach Christus. Mehrere derselben wurden im kaiserlichen Palaste aufbewahrt und bei Erbauung buddhistischer Klöster zur Orientierung der Hauptseiten der Gebäude benutzt. Die häufige Anwendung eines magnetischen Apparates leitete allmählich die Scharfsinnigeren unter dem Volke auf physikalische Betrachtungen über die Natur der magnetischen Erscheinungen. Der chinesische Lobredner der Magnetnadel, Kuopho (ein Schriftsteller aus dem Zeitalter Konstantins des Großen), vergleicht, wie ich schon an einem anderen Orte angeführt, die Anziehungskraft des Magnets mit der des geriebenen Bernsteins. Es ist nach ihm „wie ein Windeshauch, der beide geheimnisvoll durchweht und pfeilschnell sich mitzuteilen vermag“. Der symbolische Ausdruck Windeshauch erinnert an den gleich symbolischen der Beseelung, welche im griechischen Altertume der Gründer der ionischen Schule, Thales, beiden attraktorischen Substanzen zuschrieb.[32] Seele heißt hier das innere Prinzip bewegender Thätigkeit.

Da die zu große Beweglichkeit der chinesischen schwimmenden Nadeln die Beobachtung und das Ablesen erschwerte, so wurden sie schon im Anfang des 12. Jahrhunderts (nach Christus) durch eine andere Vorrichtung ersetzt, in welcher die nun in der Luft frei schwingende Nadel an einem feinen baumwollenen oder seidenen Faden hing, ganz nach Art der Suspension à la Coulomb, welcher sich im westlichen Europa zuerst Gilbert bediente. Mit einem solchen vervollkommneten Apparate[33] bestimmten die Chinesen ebenfalls schon im Beginn des 12. Jahrhunderts die Quantität der westlichen Abweichung, die in dem Teile Asiens nur sehr kleine und

langsame Veränderungen zu erleiden scheint. Von dem Landgebrauche ging endlich der Kompaß zur Benutzung auf dem Meere über. Unter der Dynastie der Tsin im 4. Jahrhundert unserer Zeitrechnung besuchen chinesische Schiffe, vom Kompaß geleitet, indische Häfen und die Ostküste von Afrika.

Schon zwei Jahrhunderte früher, unter der Regierung des Marcus Aurelius Antonius (An-tun bei den Schriftstellern der Dynastie der Han genannt), waren römische Legaten zu Wasser über Tonkin nach China gekommen. Aber nicht durch eine so vorübergehende Verbindung, sondern erst als sich der Gebrauch der Magnetnadel in dem ganzen Indischen Meere an den persischen und arabischen Küsten allgemein verbreitet hatte, wurde derselbe im zwölften Jahrhundert (sei es unmittelbar durch den Einfluß der Araber, sei es durch die Kreuzfahrer, die seit 1096 mit Aegypten und dem eigentlichen Orient in Berührung kamen) in das europäische Seewesen übertragen. Bei historischen Untersuchungen derart ist mit Gewißheit nur die Epoche festzusetzen, welche man als die späteste Grenzzahl betrachten kann. In dem politisch-satirischen Gedichte des Guyot von Provins wird (1199) von dem Seekompaß als von einem in der Christenwelt längst bekannten Werkzeuge gesprochen; eben dies ist der Fall in der Beschreibung von Palästina, die wir dem Bischof von Ptolemais, Jakob von Vitry, verdanken, und deren Vollendung zwischen 1204 und 1215 fällt. Von der Magnetnadel geleitet, schifften die Katalanen nach den nordschottischen Inseln wie an die Westküste des tropischen Afrika, die Basken auf den Walfischfang, die Normannen nach den Azoren, den Bracirinseln des Picigano. Die spanischen Leyes de las Partidas (del sabio Rey Don Alonso el nono), aus der ersten Hälfte des 13. Jahrhunderts, rühmen die Nadel als „treue Vermittlerin (medianera) zwischen dem Magnetsteine (la piedra) und dem Nordstern". Auch Gilbert, in seinem berühmten Werke „De Magnete physiologia nova" spricht vom Seekompaß als einer chinesischen Erfindung, setzt aber unvorsichtig hinzu, daß sie Marco Polo, qui apud Chinas artem pyxidis didicit, zuerst nach Italien brachte. Da Marco Polo seine Reisen erst 1271 begann und 1295 zurückkehrte, so beweisen die Zeugnisse von Guyot de Provins und Jacques de Vitry, daß wenigstens schon 60 bis 70 Jahre vor der Abreise des Marco Polo nach dem Kompaß in europäischen Meeren geschifft wurde. Die Benennungen zohron

und aphron, die Vincenz von Beauvais in seinem Naturspiegel dem südlichen und nördlichen Ende der Magnetnadel (1254) gab, deuten auch auf eine Vermittelung arabischer Piloten, durch welche die Europäer die chinesische Bussole erhielten. Sie deuten auf dasselbe gelehrte und betriebsame Volk der asiatischen Halbinsel, dessen Sprache auf unseren Sternkarten nur zu oft verstümmelt erscheint.

Nach dem, was ich hier in Erinnerung gebracht, kann es wohl keinem Zweifel unterworfen sein, daß die allgemeine Anwendung der Magnetnadel auf der ozeanischen Schiffahrt der Europäer seit dem 12. Jahrhundert (und wohl noch früher in eingeschränkterem Maße) von dem Becken des Mittelmeeres ausgegangen ist. Den wesentlichsten Anteil daran haben die maurischen Piloten, die Genueser, Venezianer, Majorkaner und Katalanen gehabt. Die letzten waren unter Anführung ihres berühmten Seemannes Don Jayme Ferrer 1346 bis an den Ausfluß des Rio de Ouro (n. Br. 23° 40′) an der Westküste von Afrika gelangt; und nach dem Zeugnis von Raymundus Lullus (in seinem nautischen Werke „Fenix de las maravillas del orbe 1286“) bedienten sich schon lange vor Jayme Ferrer die Barceloneser der Seekarten, Astrolabien und Seekompasse.

Von der Quantität der gleichzeitig durch Uebertragung aus China den indischen, malaiischen und arabischen Seefahrern bekannten magnetischen Abweichung (Variation nannte man das Phänomen früh, ohne allen Beisatz) hatte sich die Kunde natürlich ebenfalls über das Becken des Mittelmeeres verbreitet. Dieses zur Korrektion der Schiffsrechnung so unentbehrliche Element wurde damals weniger durch Sonnenauf- und Untergang als durch den Polarstern, und in beiden Fällen sehr unsicher, bestimmt, doch auch bereits auf Seekarten getragen, z. B. auf die seltene Karte von Andrea Bianco, die im Jahre 1436 entworfen ist. Kolumbus, der ebensowenig als Sebastian Cabot zuerst die magnetische Abweichung erkannte, hatte das große Verdienst, am 13. September 1492 die Lage einer Linie ohne Abweichung 2,5° östlich von der azorischen Insel Corvo astronomisch zu bestimmen. Er sah, indem er in dem westlichen Teile des Atlantischen Ozeans vordrang, die Variation allmählich von Nordost in Nordwest übergehen. Diese Bemerkung leitete ihn schon auf den Gedanken, der in späteren Jahrhunderten so viel die Seefahrer beschäftigt hat, durch die Lage der Variations-

kurven, welche er noch dem Meridian parallel wähnte, die Länge zu finden. Man erfährt aus seinen Schiffsjournalen, daß er auf der zweiten Reise (1496), seiner Lage ungewiß, sich wirklich durch Deklinationsbeobachtungen zu orientieren suchte. Die Einsicht in die Möglichkeit einer solchen Methode war gewiß auch „das untrügliche Geheimnis der Seelänge, welches durch besondere göttliche Offenbarung zu besitzen" Sebastian Cabot auf seinem Sterbebette sich rühmte.

An die atlantische Kurve ohne Deklination knüpften sich in der leicht erregbaren Phantasie des Kolumbus noch andere, etwas träumerische Ansichten über Veränderung der Klimate, anomale Gestaltung der Erdkugel und außerordentliche Bewegungen himmlischer Körper, so daß er darin Motive fand, eine physikalische Grenzlinie zu einer politischen vorzuschlagen. Die Raya, auf der die Agujas de marear direkt nach dem Polarstern hinweisen, wurde so die Demarkationslinie für die Kronen von Portugal und Kastilien; und bei der Wichtigkeit, die geographische Länge einer solchen Grenze in beiden Hemisphären über die ganze Erdoberfläche astronomisch genau zu bestimmen, ward ein Dekret päpstlichen Uebermuts, ohne es bezweckt zu haben, wohlthätig und folgereich für die Erweiterung der astronomischen Nautik und die Vervollkommnung magnetischer Instrumente (Humboldt, „Examen crit. de la Géogr." T. III, p. 54). Felipe Guillen aus Sevilla (1525) und wahrscheinlich früher der Kosmograph Alonso de Santa Cruz, Lehrer der Mathematik des jugendlichen Kaisers Karls V., konstruierten neue Variationskompasse, mit denen Sonnenhöhen genommen werden konnten. Der Kosmograph zeichnete 1530, also anderthalb Jahrhunderte vor Halley, freilich auf sehr unvollständige Materialien gegründet, die erste allgemeine Variationskarte. Wie lebhaft im 16. Jahrhundert seit dem Tode des Kolumbus und dem Streit über die Demarkationslinie die Thätigkeit in Ergründung des tellurischen Magnetismus erwachte, beweist die Seereise des Juan Jayme, welcher 1585 mit Francisco Gali von den Philippinen nach Acapulco schiffte, bloß um ein von ihm erfundenes Deklinationsinstrument auf dem langen Wege durch die Südsee zu prüfen.

Bei dem sich verbreitenden Hange zum Beobachten mußte auch der diesen immer begleitende, ja ihm öfter noch voreilende Hang zu theoretischen Spekulationen sich offenbaren.

Viele alte Schiffersagen der Inder und Araber reden von Felsinseln, welche den Seefahrern Unheil bringen, weil sie durch ihre magnetische Naturkraft alles Eisen, das in den Schiffen das Holzgerippe verbindet, an sich ziehen oder gar das ganze Schiff unbeweglich fesseln. Unter Einwirkung solcher Phantasieen knüpfte sich früh an den Begriff eines polaren Zusammentreffens magnetischer Abweichungslinien das materielle Bild eines dem Erdpole nahen hohen Magnetberges. Auf der merkwürdigen Karte des neuen Kontinents, welche der römischen Ausgabe der Geographie des Ptolemäus vom Jahre 1508 beigefügt ist, findet sich nördlich von Grönland (Gruentlant), welches als dem östlichen Teil von Asien zugehörig dargestellt wird, der nördliche Magnetpol als ein Inselberg abgebildet. Seine Lage wird allmählich südlicher in dem „Breve Compendio de la Sphera“ von Martin Cortes 1545, wie in der „Geographia di Tolomeo“ des Livio Sanuto 1588. An Erreichung dieses Punktes, den man el calamitico nannte, waren große Erwartungen geknüpft, da man aus einem erst spät verschwundenen Vorurteil dort am Magnetpole alcun miraculoso stupendo effetto zu erleben gedachte.

Bis gegen das Ende des 16. Jahrhunderts war man bloß mit dem Phänomen der Abweichung, welche auf die Schiffsrechnung und die nautische Ortsbestimmung den unmittelbarsten Einfluß ausübt, beschäftigt. Statt der einen von Kolumbus 1492 aufgefundenen Linie ohne Abweichung glaubte der gelehrte Jesuit Acosta, durch portugiesische Piloten (1589) belehrt, in seiner trefflichen „Historia natural de las Indias“ 4 Linien ohne Abweichung aufführen zu können. Da die Schiffsrechnung neben der Genauigkeit der Richtung (des durch den korrigierten Kompaß gemessenen Winkels) auch die Länge des durchlaufenen Weges erheischt, so bezeichnet die Einführung des Logs, so unvollkommen auch diese Art der Messung selbst noch heute ist, doch eine wichtige Epoche in der Geschichte der Nautik. Ich glaube gegen die bisher herrschende Meinung erwiesen zu haben, daß das erste sichere Zeugnis[34] der Anwendung des Logs (la cadena de la popa, la corredera) in den Schiffsjournalen der Magelhaensschen Reise von Antonio Pigafetta zu finden ist. Es bezieht sich auf den Monat Januar 1521. Kolumbus, Juan de la Cosa, Sebastian Cabot und Vasco da Gama haben das Log und dessen Anwendung nicht

gekannt. Sie schätzten nach dem Augenmaße die Geschwindigkeit des Schiffes und fanden die Länge des Weges durch das Ablaufen des Sandes in den Ampolletas. Neben dem alleinigen und so früh benutzten Elemente der Magnetkraft, der horizontalen Abweichung vom Nordpole, wurde endlich (1576) auch das zweite Element, die Neigung, gemessen. Robert Normann hat zuerst an einem selbsterfundenen Inklinatorium die Neigung der Magnetnadel in London mit nicht geringer Genauigkeit bestimmt. Es vergingen noch 200 Jahre, ehe man das dritte Element, die Intensität der magnetischen Erdkraft, zu messen versuchte.

Ein von Galilei bewunderter Mann, dessen Verdienst Baco gänzlich verkannte, William Gilbert, hatte an dem Ende des 16. Jahrhunderts eine erste großartige Ansicht von der magnetischen Erdkraft aufgestellt. Er unterschied zuerst deutlich in ihren Wirkungen Magnetismus von Elektrizität, hielt aber beide für Emanationen der einigen, aller Materie als solcher inwohnenden Grundkraft. Er hat, wie es der Genius vermag, nach schwachen Analogieen vieles glücklich geahnet, ja nach den klaren Begriffen, die er sich von dem tellurischen Magnetismus (de magno magnete tellure) machte, schrieb er schon die Entstehung der Pole in den senkrechten Eisenstangen am Kreuz alter Kirchtürme der Mitteilung der Erdkraft zu. Er lehrte in Europa zuerst durch Streichen mit dem Magnetsteine Eisen magnetisch machen, was freilich die Chinesen fast 500 Jahre früher wußten.[35] Dem Stahle gab schon damals Gilbert den Vorzug vor dem weichen Eisen, weil jener die mitgeteilte Kraft dauerhafter sich aneigne und für längere Zeit ein Träger des Magnetismus werden könne.

In dem Laufe des 17. Jahrhunderts vermehrte die durch vervollkommnete Bestimmung der Wegrichtung und Weglänge so weit ausgedehnte Schiffahrt der Niederländer, Briten, Spanier und Franzosen die Kenntnis der Abweichungslinien, welche, wie eben bemerkt, der Pater Acosta in ein System zu bringen versucht hatte. Cornelius Schouten bezeichnete 1616 mitten in der Südsee, südöstlich von den Marquesasinseln, Punkte, in denen die Variation null ist. Noch jetzt liegt in dieser Region das sonderbare geschlossene isogonische System, in welchem jede Gruppe der inneren konzentrischen Kurven eine geringere Abweichung zeigt. Der Eifer, Längenmethoden nicht bloß durch Variation, sondern auch durch die Inklination zu finden (solchen

Gebrauch der Inklination[36] bei bedecktem, sternenleerem Himmel, aëre caliginoso, nannte Wright „vieles Goldes wert"), leitete auf Vervielfältigung der Konstruktion magnetischer Apparate und belebte zugleich die Thätigkeit der Beobachter. Der Jesuit Cabeus aus Ferrara, Ridley, Lieutaud (1668) und Henry Bond (1676) zeichneten sich auf diesem Wege aus. Der Streit zwischen dem letztgenannten und Beckborrow hat vielleicht, samt Acostas Ansicht von vier Linien ohne Abweichung, welche die ganze Erdoberfläche teilen sollen, auf Halleys, schon 1683 entworfene Theorie von vier magnetischen Polen oder Konvergenzpunkten Einfluß gehabt.

Halley bezeichnete eine wichtige Epoche in der Geschichte des tellurischen Magnetismus. In jeder Hemisphäre nahm er einen stärkeren und einen schwächeren magnetischen Pol an, also vier Punkte mit 90° Inklination der Nadel, gerade wie man jetzt unter den vier Punkten der größten Intensität in jeder Hemisphäre eine analoge Ungleichheit in dem erreichten Maximum der Intensität, d. h. der Geschwindigkeit der Schwingungen der Nadel in der Richtung des magnetischen Meridians findet. Der stärkste aller vier Halleyschen Pole sollte in 70° südl. Breite, 120° östlich von Greenwich, also fast im Meridian von König-Georgssund in Neuholland (Nuyts Land) gelegen sein. Halleys drei Seereisen in den Jahren 1698, 1699 und 1702 folgten auf den Entwurf einer Theorie, die sich nur auf seine sieben Jahre frühere Reise nach St. Helena wie auf unvollkommene Variationsbeobachtungen von Baffin, Hudson und Cornelius van Schouten gründen konnte. Es waren die ersten Expeditionen, welche eine Regierung zu einem großen wissenschaftlichen Zwecke, zur Ergründung eines Elementes der Erdkraft, unternehmen ließ, von dem die Sicherheit der Schiffsführung vorzugsweise abhängig ist. Da Halley bis zum 52. Grade jenseits des Aequators vordrang, so konnte er die erste umfangreiche Variationskarte konstruieren. Sie gewährt für die theoretischen Arbeiten des 19. Jahrhunderts die Möglichkeit, einen, der Zeit nach freilich nicht sehr fernen Vergleichungspunkt für die fortschreitende Bewegung der Abweichungskurven darzubieten.

Es ist ein glückliches Unternehmen Halleys gewesen, die Punkte gleicher Abweichung durch Linien[37] miteinander graphisch verbunden zu haben. Dadurch ist zuerst Uebersicht und Klarheit in die Einsicht von dem Zusammenhange der

aufgehäuften Resultate gebracht worden. Meine, von den Physikern früh begünstigten Isothermen, d. h. Linien gleicher Wärme (mittlerer Jahres-, Sommer- und Wintertemperatur), sind ganz nach Analogie von Halleys isogonischen Kurven geformt. Sie haben den Zweck, besonders nach der Ausdehnung und großen Vervollkommnung, welche Dove denselben gegeben, Klarheit über die Verteilung der Wärme auf dem Erdkörper und die hauptsächliche Abhängigkeit dieser Verteilung von der Gestaltung des Festen und Flüssigen, von der gegenseitigen Lage der Kontinentalmassen und der Meere zu verbreiten. Halleys rein wissenschaftliche Expeditionen stehen um so isolierter da, als sie nicht, wie so viele folgende Expeditionen, auf Kosten des Staates unternommene, geographische Entdeckungsreisen waren. Sie haben dazu, neben den Ergebnissen über den tellurischen Magnetismus, auch als Frucht des früheren Aufenthaltes auf St. Helena in den Jahren 1677 und 1678, einen wichtigen Katalog südlicher Sterne geliefert, ja den ersten, welcher überhaupt unternommen worden ist, seitdem nach Morins und Gascoignes Vorgange Fernröhren mit messenden Instrumenten verbunden wurden.[38]

So wie das 17. Jahrhundert sich durch Fortschritte auszeichnete in der gründlicheren Kenntnis der Lage der Abweichungslinien und den ersten theoretischen Versuch, ihre Konvergenzpunkte als Magnetpole zu bestimmen, so lieferte das 18. Jahrhundert die Entdeckung der stündlichen periodischen Veränderung der Abweichung. Graham in London hat das unbestrittene Verdienst (1722), diese stündlichen Variationen zuerst genau und ausdauernd beobachtet zu haben. In schriftlichem Verkehr mit ihm erweiterten[39] Celsius und Hiörter in Upsala die Kenntnis dieser Erscheinung. Erst Brugmans und, mit mehr mathematischem Sinne begabt, Coulomb (1784 bis 1788) drangen tief in das Wesen des tellurischen Magnetismus ein. Ihre scharfsinnigen physikalischen Versuche umfaßten die magnetische Anziehung aller Materie, die räumliche Verteilung der Kraft in einem Magnetstabe von gegebener Form und das Gesetz der Wirkung in der Ferne. Um genaue Resultate zu erlangen, wurden bald Schwingungen einer an einem Faden aufgehängten horizontalen Nadel, bald Ablenkung durch die Drehwage, balance de torsion, angewandt.

Die Einsicht der Intensitätsverschiedenheit der mag-

netischen Erdkraft an verschiedenen Punkten der Erde, durch die Schwingungen einer senkrechten Nadel im magnetischen Meridian gemessen, verdankt die Wissenschaft allein dem Scharfsinn des Chevalier Borda, nicht durch eigene geglückte Versuche, sondern durch Gedankenverbindung und beharrlichen Einfluß auf Reisende, die sich zu fernen Expeditionen rüsteten. Seine lang gehegten Vermutungen wurden zuerst durch Lamanon, den Begleiter von la Pérouse, mittels Beobachtungen aus den Jahren 1785 bis 1787 bestätigt. Es blieben dieselben, obgleich schon seit dem Sommer des letztgenannten Jahres in ihrem Resultate dem Sekretär der Académie des Sciences, Condorcet, bekannt, unbeachtet und unveröffentlicht. Die erste und darum freilich unvollständige Erkennung des wichtigen Gesetzes der mit der magnetischen Breite veränderlichen Intensität gehört [40] unbestritten der unglücklichen, wissenschaftlich so wohl ausgerüsteten Expedition von la Pérouse; aber das Gesetz selbst hat, wie ich glaube mir schmeicheln zu dürfen, erst in der Wissenschaft Leben gewonnen durch die Veröffentlichung meiner Beobachtungen von 1798 bis 1804 im südlichen Frankreich, in Spanien, auf den Kanarischen Inseln, in dem Inneren des tropischen Amerikas (nördlich und südlich vom Aequator), in dem Atlantischen Ozean und der Südsee. Die gelehrten Reisen von le Gentil, Feuillée und Lacaille, der erste Versuch einer Neigungskarte von Wilke (1768), die denkwürdigen Weltumseglungen von Bougainville, Cook und Vancouver haben, wenngleich mit Instrumenten von sehr ungleicher Genauigkeit, das vorher sehr vernachlässigte und zur Begründung der Theorie des Erdmagnetismus so wichtige Element der Inklination an vielen Punkten, freilich sehr ungleichzeitig und mehr an den Küsten oder auf dem Meere als im Inneren der Kontinente, ergründet. Gegen das Ende des 18. Jahrhunderts wurde durch die, mit vollkommeneren Instrumenten angestellten, stationären Deklinationsbeobachtungen von Cassini, Gilpin und Beaufoy (1784 bis 1790) ein periodischer Einfluß der Stunden wie der Jahreszeiten bestimmter erwiesen und so die Thätigkeit in magnetischen Untersuchungen allgemeiner belebt.

Diese Belebung nahm in dem 19. Jahrhundert, von welchem nur erst eine Hälfte verflossen ist, einen, von allem unterschiedenen, eigentümlichen Charakter an. Es besteht derselbe in einem fast gleichzeitigen Fortschreiten in sämtlichen Teilen der Lehre vom tellurischen Magnetismus, umfassend

die numerische Bestimmung der Intensität der Kraft, der Inklination und der Abweichung, in physikalischen Entdeckungen über die Erregung und das Maß der Verteilung des Magnetismus, in der ersten und glänzenden Entwerfung einer Theorie des tellurischen Magnetismus von Friedrich Gauß, auf strenge mathematische Gedankenverbindung gegründet. Die Mittel, welche zu diesen Ergebnissen führten, waren Vervollkommung der Instrumente und der Methoden, wissenschaftliche Expeditionen zur See in Zahl und Größe, wie sie kein anderes Jahrhundert gesehen, sorgfältig ausgerüstet auf Kosten der Regierungen, begünstigt durch glückliche Auswahl der Führer und der sie begleitenden Beobachter; einige Landreisen, welche, tief in das Innere der Kontinente eingedrungen, die Phänomene des tellurischen Magnetismus aufklären konnten; eine große Zahl fixer Stationen, teilweise in beiden Hemisphären, nach korrespondierenden Ortsbreiten und oft in fast antipodischen Längen gegründet. Diese magnetischen und zugleich meteorologischen Observatorien bilden gleichsam ein Netz über die Erdfläche. Durch scharfsinnige Kombination der auf Staatskosten in Rußland und England veröffentlichten Beobachtungen sind wichtige und unerwartete Resultate geliefert worden. Die Gesetzlichkeit der Kraftäußerung — der nächste, nicht der letzte Zweck aller Forschungen — ist bereits in vielen einzelnen Phasen der Erscheinung befriedigend ergründet worden. Was auf dem Wege des physikalischen Experimentierens von den Beziehungen des Erdmagnetismus zur bewegten Elektrizität, zur strahlenden Wärme und zum Lichte, was von den spät erst verallgemeinerten Erscheinungen des Diamagnetismus und von der spezifischen Eigenschaft des atmosphärischen Sauerstoffes, Polarität anzunehmen, entdeckt wurde, eröffnet wenigstens die frohe Aussicht, der Natur der Magnetkraft selbst näher zu treten.[41]

Um das Lob zu rechtfertigen, das wir im allgemeinen über die magnetischen Arbeiten der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts ausgesprochen, nenne ich hier aphoristisch, wie es das Wesen und die Form dieser Schrift mit sich bringen, die Hauptmomente der einzelnen Bestrebungen. Es haben dieselben einander wechselseitig hervorgerufen, daher ich sie bald chronologisch aneinander reihe, bald gruppenweise vereinige.[42]

1803—1806 Krusensterns Reise um die Welt (1812); der magnetische und astronomische Teil ist von Horner (Bd. III, S. 317).

1804 Erforschung des Gesetzes der von dem magnetischen Aequator gegen Norden und Süden hin zunehmenden Intensität der tellurischen Magnetkraft, gegründet auf Beobachtungen von 1799—1804. (Humboldt, Voyage aux Régions équinoxiales du Nouveau Continent T. III, p. 615—623; Lamétherie, Journal de Physique T. LXIX, 1804, p. 433, mit dem ersten Entwurf einer Intensitätskarte; Kosmos Bd. I, S. 298 Anm. 110.) Spätere Beobachtungen haben gezeigt, daß das Minimum der Intensität nicht dem magnetischen Aequator entspricht, und daß die Vermehrung der Intensität sich in beiden Hemisphären nicht bis zum Magnetpol erstreckt.

1805—1806 Gay-Lussac und Humboldt, Intensitätsbeobachtungen im südlichen Frankreich, in Italien, der Schweiz und Deutschland; Mémoires de la Société d'Arcueil T. I, p. 1—22. Vergl. die Beobachtungen von Quetelet 1830 und 1839 mit einer Carte de l'intensité magnétique horizontale entre Paris et Naples in den Mém. de l'Acad. de Bruxelles T. XIV; die Beobachtungen von Forbes in Deutschland, Flandern und Italien 1832 und 1837 (Transact. of the Royal Soc. of Edinburgh Vol. XV, p. 27); die überaus genauen Beobachtungen von Dr. Bache (Director of the Coast Survey of the United States) 1837 und 1840 in 21 Stationen, zugleich für Inklination und Intensität.

1806—1807 Eine lange Reihe von Beobachtungen zu Berlin über die stündlichen Variationen der Abweichung und über die Wiederkehr magnetischer Ungewitter (Perturbationen) von Humboldt und Oltmanns angestellt: hauptsächlich in den Solstitien und Aequinoktien; 5 bis 6, ja bisweilen 9 Tage und ebenso viele Nächte hintereinander; mittels eines Pronyschen magnetischen Fernrohrs, das Bogen von 7 bis 8 Sekunden unterscheiden ließ.

1812 Morichini zu Rom behauptet, daß unmagnetische Stahlnadeln durch Kontakt des (violetten) Lichts magnetisch werden. Ueber den langen Streit, den diese Behauptung und die scharfsinnigen Versuche von Mary Sommerville bis zu den ganz negativen Resultaten von Rieß und Moser erregt haben, s. Sir David Brewster treatise of Magnetism 1837, p. 48.

1815—1818, 1823—1826 Die zwei Weltumseglungen von Otto von Kotzebue: die erste auf dem Rurik; die zweite, um fünf Jahre später, auf dem Predprijatie.

1817—1848 Die Reihe großer wissenschaftlicher, für die Kenntnis des tellurischen Magnetismus so erfolgreicher Expeditionen zur See auf Veranstaltung der französischen Regierung, anhebend mit Freycinet auf der Korvette Uranie 1817—1820, dem folgten: Duperrey auf der Fregatte la Coquille 1822—1825, Bougainville auf der Fregatte Thetis 1824—1826; Dumont

d'Urville auf dem Astrolabe 1826—1829, und nach dem Südpol auf der Zélée 1837—1840; Jules de Blosseville in Indien 1828 (Herbert, Asiat. Researches Vol. XVIII, p. 4, Humboldt, Asie centr. T. III, p. 468) und in Island 1833 (Lottin, Voy. de la Recherche 1836, p. 376—409), du Petit Thouars (mit Tessan) auf der Venus 1837—1839, le Vaillant auf der Bonite 1836—1837; die Reise der Commission scientifique du Nord (Lottin, Bravais, Martins, Siljeström) nach Skandinavien, Lapland, den Färöern und Spitzbergen auf der Korvette la Recherche 1835—1840; Bérard nach dem mexikanischen Meerbusen und Nordamerika 1838, nach dem Kap der guten Hoffnung und St. Helena 1842 und 1846 (Sabine in den Philos. Transact. for 1849, P. II, p. 175); Francis de Castelnau, Voyage dans les parties centrales de l'Amérique du sud 1847—1850.

1818—1851 Die Reihe wichtiger und kühner Expeditionen in den arktischen Polarmeeren auf Veranstaltung der britischen Regierung, zuerst angeregt durch den lobenswerten Eifer von John Barrow; Eduard Sabines magnetische und astronomische Beobachtungen auf der Reise von John Roß, nach der Davisstraße, Baffinsbai und dem Lancastersund 1818: wie auf der Reise mit Parry auf (Hecla und Griper) durch die Barrowstraße nach Melvilles Insel 1819—1820; John Franklin, Dr. Richardson und Back 1819—1822; dieselben 1825—1827; Back allein 1833—1835 (Nahrung, fast die einzige, wochenlang, eine Flechte: Gyrophora pustulata, Tripe de Roche der Canadian hunters; chemisch untersucht von John Stenhouse in den Philos. Transact. for 1849, P. II, p. 393); Parrys zweite Expedition, mit Lyon auf Fury und Hecla 1821—1823; Parrys dritte Reise, mit James Clark Roß 1824—1825; Parrys vierte Reise, ein Versuch mit Lieutenant Foster und Crozier nördlich von Spitzbergen auf dem Eise vorzudringen, 1827: man gelangte bis Br. 82° 45′; John Roß samt seinem gelehrten Neffen James Clark Roß, in der durch ihre Länge um so gefahrvolleren zweiten Reise, auf Kosten von Felix Booth 1829—1839; Dease und Simpson (von der Hudsonsbaicompagnie) 1838—1839; neuerlichst, zur Aufsuchung von Sir Jon Franklin, die Reisen von Kap. Ommanney, Austin, Penny, Sir John Roß und Phillips 1850 und 1851. Die Expedition von Kap. Penny ist im Viktoria-Channel, in welchen Wellingtons Channel mündet, am weitesten nördlich (Br. 77° 6′) gelangt.

1819—1821 Bellinghausens Reise in das südliche Eismeer.

1819 Das Erscheinen des großen Werkes von Hansteen über den Magnetismus der Erde, das aber schon 1813 vollendet war. Es hat einen nicht zu verkennenden Einfluß auf die Belebung und bessere Richtung der geomagnetischen Studien ausgeübt. Dieser trefflichen Arbeit folgten Hansteens allgemeine Karten der Kurven gleicher Inklination und gleicher Intensität für einen beträchtlichen Teil der Erdoberfläche.

1819 Beobachtungen des Admirals Roussin und Givrys an der brasilianischen Küste zwischen den Mündungen des Marañon und Plataſtromes.

1819—1820 Oersted macht die große Entdeckung der Thatsache, daß ein Leiter, der von einem elektrischen, in sich selbst wiederkehrenden Strome durchdrungen wird, während der ganzen Dauer des Stromes eine bestimmte Einwirkung auf die Richtung der Magnetnadel nach Maßgabe ihrer relativen Lage ausübt. Die früheste Erweiterung dieser Entdeckung (mit denen der Darstellung von Metallen aus den Alkalien und der zweifachen Art von Polarisation des Lichtes wohl der glänzendsten des Jahrhunderts) war Aragos Beobachtung, daß ein elektrisch durchströmter Schließungsdraht, auch wenn er von Kupfer oder Platin ist, Eisenteile anzieht und dieselben wie ein Magnet festhält; auch daß Nadeln, in das Innere eines schraubenförmig gewundenen galvanischen Leitungsdrahtes gelegt, abwechselnd heterogene Magnetpole erhalten, je nachdem den Windungen eine entgegengesetzte Richtung gegeben wird (Annales de Chimie et de Physique T. XV, p. 93). Dem Auffinden dieser unter mannigfaltigen Abänderungen hervorgerufenen Erscheinungen folgten Ampères geistreiche theoretische Kombinationen über die elektromagnetischen Wechselwirkungen der Moleküle ponderabler Körper. Diese Kombinationen wurden durch eine Reihe neuer und scharfsinniger Apparate unterstützt und führten zur Kenntnis von Gesetzen in vielen bis dahin oft widersprechend scheinenden Phänomenen des Magnetismus.

1820—1824 Ferdinand von Wrangel und Anjou, Reise nach den Nordküsten von Sibirien und auf dem Eismeere. (Wichtige Erscheinungen des Polarlichts s. T. II, S. 259.)

1820 Scoresby, Account of the arctic regions (Intensitätsversuche Vol. II, p. 537—554).

1821 Seebecks Entdeckung des Thermo-Magnetismus und der Thermo-Elektrizität. Berührung zweier ungleich erwärmter Metalle (zuerst Wismut und Kupfer) oder Temperaturdifferenzen in den einzelnen Teilen eines gleichartigen metallischen Ringes werden als Quellen der Erregung magnetoelektrischer Strömungen erkannt.

1821—1823 Weddell, Reise in das südliche Polarmeer bis Br. 74° 15′ südl.

1822—1823 Sabines zwei wichtige Expeditionen zur genauen Bestimmung der magnetischen Intensität und der Länge des Pendels unter verschiedenen Breiten (Ostküste von Afrika bis zum Aequator, Brasilien, Havana, Grönland bis Br. 74° 23′, Norwegen und Spitzbergen unter Br. 79° 50′). Es erschien über diese vielumfassende Arbeit erst 1824: Account of experiments to determine the Figure of the Earth p. 460—509.

1824 Erikson, Magnetische Beobachtungen längs den Ufern der Ostsee.

1825 Arago entdeckt den Rotationsmagnetismus. Die erste Veranlassung zu dieser unerwarteten Entdeckung gab ihm, am Abhange des Greenwicher Hügels, seine Wahrnehmung der abnehmenden Oszillationsdauer einer Inklinationsnadel durch Einwirkung naher unmagnetischer Stoffe. In Aragos Rotationsversuchen wirken auf die Schwingungen der Nadel Wasser, Eis, Glas, Kohle und Quecksilber.

1825—1827 Magnetische Beobachtungen von Boussingault in verschiedenen Teilen von Südamerika (Marmato, Quito).

1826—1827 Intensitätsbeobachtungen von Keilhau in 20 Stationen (in Finmarken, auf Spitzbergen und der Bäreninsel); von Keilhau und Boeck in Süddeutschland und Italien (Schum. Astron. Nachr. Nr. 146).

1826—1829 Admiral Lütke, Reise um die Welt. Der magnetische Teil ist mit großer Sorgfalt bearbeitet 1834 von Lenz. (S. Partie nautique du Voyage 1836.)

1826—1830 Kap. Philipp Parker King, Beobachtungen in den südlichen Teilen der Ost- und Westküste von Südamerika (Brasilien, Montevideo, der Magelhaensstraße, Chiloe und Valparaiso).

1827—1839 Quetelet, Etat du Magnétisme terrestre (Bruxelles) pendant douze années. Sehr genaue Beobachtungen.

1827 Sabine über die Ergründung der relativen Intensität der magnetischen Erdkraft in Paris und London. Eine analoge Vergleichung von Paris und Christiania (1825 und 1828) geschah von Hansteen. 7th meeting of the British Association at Liverpool 1837, p. 19—23. Die vielen von französischen, englischen und nordischen Reisenden gelieferten Resultate der Intensität haben zuerst mit unter sich verglichenen, an den genannten 3 Orten oszillierenden Nadeln in numerischen Zusammenhang gebracht und als Verhältniswerte aufgestellt werden können. Die Zahlen sind: für Paris 1,348, von mir, für London 1,372, von Sabine, für Christiania 1,423, von Hansteen gefunden. Alle beziehen sich auf die Intensität der Magnetkraft in einem Punkte des magnetischen Aequators (der Kurve ohne Inklination), der die peruanischen Kordilleren zwischen Micuipampa und Caxamarca durchschneidet, unter südlicher Br. 7° 2′ und westlicher Länge 81° 8′, wo die Intensität von mir = 1,000 gesetzt wurde. Die Beziehung auf diesen Punkt (Humboldt, Recueil d'Observ. astron. Vol. II, p. 382—385 und Voyage aux Régions équinox. T. III, p. 622) hat vierzig Jahre lang den Reduktionen in allen Intensitätstabellen zu Grunde gelegen (Gay-Lussac in den Mém. de la Société d'Arcueil T. I, 1807, p. 21, Hansteen über den Magnetismus der Erde, 1819, S. 71, Sabine im Report of the British Association at Liverpool p. 43—58). Sie ist aber in neuerer Zeit mit Recht als nicht allgemein maßgebend getadelt worden, weil die Linie ohne Inklination[43] gar nicht die Punkte der schwächsten Intensität miteinander verbindet (Sabine in den Philos. Transact. for 1846, P. III,

p. 254 und im Manual of Scientific Enquiry for the use of the British Navy 1849, p. 17).

1828—1829 Reise von Hansteen, und Due, Magnetische Beobachtungen im europäischen Rußland und dem östlichen Sibirien bis Irkutsk.

1828—1830 Adolf Erman, Reise um die Erde durch Nordasien und die beiden Ozeane, auf der russischen Fregatte Krotkoi. Identität der angewandten Instrumente, Gleichheit der Methode und Genauigkeit der astronomischen Ortsbestimmungen sichern diesem auf Privatkosten von einem gründlich unterrichteten und geübten Beobachter ausgeführten Unternehmen einen dauernden Ruhm. Vergl. die auf Ermans Beobachtungen gegründete allgemeine Deklinationskarte im Report of the Committee relative to the arctic Expedition, 1840, Pl. III.

1828—1829 Humboldts Fortsetzung der 1800 und 1807 in Solstitien und Aequinoktien begonnenen Beobachtungen über stündliche Deklination und die Epochen außerordentlicher Perturbationen, in einem eigens dazu erbauten magnetischen Hause zu Berlin mittels einer Bussole von Gambey. Korrespondierende Messungen zu Petersburg, Nikolajew und in den Gruben zu Freiberg (vom Prof. Reich) 216 Fuß (66 m) unter der Erdoberfläche. Dove und Rieß haben die Arbeit bis November 1830 über Abweichung und Intensität der horizontalen Magnetkraft fortgesetzt (Poggend. Annalen Bd. XV, S. 318—336, Bd. XIX, S. 375—391 mit 16 Tabellen, Bd. XX, S. 545—555).

1829—1834 Der Botaniker David Douglas, der seinen Tod auf Owaihi in einer Fallgrube fand, in welche vor ihm ein wilder Stier herabgestürzt war, machte eine schöne Reihe von Deklinations- und Intensitätsbeobachtungen an der Nordwestküste von Amerika und auf den Sandwich-Inseln bis am Rande des Kraters von Kilauea. (Sabine, Meeting at Liverpool p. 27—32.)

1829 Kupffer, Voyage au Mont Elbrouz dans le Caucase (p. 68 und 115).

1829 Humboldt magnetische Beobachtungen über den tellurischen Magnetismus mit gleichzeitigen astronomischen Ortsbestimmungen, gesammelt auf einer Reise im nördlichen Asien auf Befehl des Kaisers Nikolaus zwischen den Längen von 11° 3′ bis 80° 12′ östlich von Paris, nahe am Dsaisangsee; wie zwischen den Breiten von 45° 43′ (Insel Birutschicassa im Kaspischen Meere) bis 58° 52′ im nördlichen Ural bei Werchoturie. (Asie centrale T. III, p. 440—478.)

1829 Die kaiserliche Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg genehmigt Humboldts Antrag auf Errichtung magnetischer und meteorologischer Stationen in den verschiedensten klimatischen Zonen des europäischen und asiatischen Rußlands, wie auf die Erbauung eines physikalischen Central-Observatoriums in der Hauptstadt des Reichs unter der,

immer gleich thätigen, wissenschaftlichen Leitung des Professor Kupffer. (Vgl. Kosmos Bd. I, S. 302—304, Anm. 116; Kupffer, Rapport adressé à l'Acad. de St. Pétersbourg relatif à l'Observatoire physique central, fondé auprès du Corps des Mines, in Schum. Astron. Nachr. Nr. 726; derselbe, Annales magnétiques p. XI.) Durch das ausdauernde Wohlwollen, welches der Finanzminister Graf von Cancrin jedem großartigen scientifischen Unternehmen schenkte, konnte ein Teil der gleichzeitigen korrespondierenden [14] Beobachtungen zwischen dem Weißen Meer und der Krim, zwischen dem Finnischen Meerbusen und den Küsten der Südsee im russischen Amerika schon im Jahr 1832 beginnen. Eine permanente magnetische Station wurde zu Peking in dem alten Klosterhause, das seit Peter dem Großen periodisch von griechischen Mönchen bewohnt wird, gestiftet. Der gelehrte Astronom Fuß, welcher den Hauptanteil an den Messungen zur Bestimmung des Höhenunterschiedes zwischen dem Kaspischen und Schwarzen Meere genommen, wurde auserwählt, um in China die ersten magnetischen Einrichtungen zu treffen. Später hat Kupffer auf einer Rundreise alle in den magnetischen und meteorologischen Stationen aufgestellten Instrumente östlich bis Nertschinsk (in 117° 16′ Länge) untereinander und mit den Fundamentalmaßen verglichen. Die gewiß recht vorzüglichen magnetischen Beobachtungen von Fedorow in Sibirien bleiben noch unpubliziert.

1830—1845 Oberst Graham (von den topographischen Ingineers der Vereinigten Staaten), Intensitätsbeobachtungen an der südlichen Grenze von Kanada, Phil. Transact. for 1846, P. III, p. 242.

1830 Fuß, Magnetische, astronomische und hypsometrische Beobachtungen (Report of the seventh meeting of the Brit. Assoc., 1837, p. 497—499) auf der Reise vom Baikalsee durch Ergi Oude, Durma und die nur 2400 Fuß (780 m) hohen Gobi nach Peking, um dort das magnetische und meteorologische Observatorium zu gründen, auf welchem Kovanko 10 Jahre lang beobachtet hat (Humboldt, Asie centr. T. I, p. 8, T. II, p. 141, T. III, p. 468 und 477).

1831—1836 Kap. Fitzroy in seiner Reise um die Welt auf dem Beagle, wie in der Aufnahme der Küsten des südlichsten Teils von Amerika, ausgerüstet mit einem Gambeyschen Inklinatorium und mit von Hansteen gelieferten Oszillationsnadeln.

1831 Dunlop, Direktor der Sternwarte von Paramatta, Beobachtungen auf einer Reise nach Australien (Philos. Transact. for 1840, P. I, p. 133—140).

1831 Faradays Induktionsströme, deren Theorie Nobili und Antinori erweitert haben; große Entdeckung der Lichtentwickelung durch Magnete.

1833 und 1339 sind die zwei wichtigen Epochen der ersten Bekanntmachung theoretischer Ansichten von Gauß: 1) Intensitas

vis magneticae terrestris ad mensuram absolutam revocata 1833 (p. 3: „elementum tertium, intensitas, usque ad tempora recentiora penitus neglectum mansit"); 2) das unsterbliche Werk: Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus (s. Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins im Jahr 1838, herausgegeben von Gauß und Weber 1839, S. 1—57).

1833 Arbeiten von Barlow über die Anziehung des Schiffseisens und die Mittel, dessen ablenkende Wirkung auf die Bussole zu bestimmen; Untersuchung von elektromagnetischen Strömen in Terrellen. Isogonische Weltkarten. (Vergl. Barlow, Essay on magnetic attraction 1833, p. 89 mit Poisson, Sur les déviations de la boussole produite par le fer des vaisseaux in den Mém. de l'Institut T. XVI, p. 481—555; Airy in den Philos. Transact. for 1839, P. I, p. 167 und for 1843, P. II, p. 146; Sir James Roß in den Philos. Transact. for 1849, P. II, p. 177 to 195.)

1833 Moser, Methode die Lage und Kraft der veränderlichen magnetischen Pole kennen zu lernen (Poggendorffs Annalen Bd. 28, S. 49—296).

1833 Christie, On the arctic observations of Cap. Back, Philos. Transact. for 1836, P. II, p. 377. (Vergl. auch dessen frühere wichtige Abhandlung in den Philos. Transact. for 1825, P. I, p. 23.)

1834 Parrots Reise nach dem Ararat (Magnetismus Bd. II, S. 53—64).

1836 Major Etscourt in der Expedition von Oberst Chesney auf dem Euphrat. Ein Teil der Intensitätsbeobachtungen ist bei dem Untergange des Dampfboots Tigris verloren gegangen, was um so mehr zu bedauern ist, als es in diesem Teile des Innern von Vorderasien und südlich vom Kaspischen Meere so ganz an genauen Beobachtungen fehlt.

1836 Lettre de Mr. A. de Humboldt à S. A. R. le Duc de Sussex, Président de la Soc. Roy. de Londres, sur les moyens propres à perfectionner la connaissance du magnétisme terrestre par l'établissement de stations magnétiques et d'observations correspondantes (Avril 1836). Ueber die glücklichen Folgen dieser Aufforderung und ihren Einfluß auf die große antarktische Expedition von Sir James Roß s. Kosmos Bd. I, S. 303; Sir James Roß, Voy. to the Southern and Antarctic Regions. 1847, Vol. I, p. XII.

1837 Sabine, On the variations of the magnetic Intensity of the Earth in dem Seventh meeting of the British Association at Liverpool p. 1—85; die vollständigste Arbeit dieser Art.

1837—1838 Errichtung eines magnetischen Observatoriums zu Dublin von Prof. Humphrey Lloyd. Ueber die von 1840 bis 1846 daselbst angestellten Beobachtungen s. Transact. of the Royal Irish Academy Vol. XXII, P. I, p. 74—96.

1837 Sir David Brewster, A treatisse on Magnetism p. 185 to 263.

1837—1842 Sir Edward Belcher, Reisen nach Singapur, dem Chinesischen Meere und der Westküste von Amerika; Philos. Transact. for 1843, P. II, p. 113, 140—142. Diese Beobachtungen der Inklination, wenn man sie mit den meinigen, älteren, zusammen hält, deuten auf sehr ungleiches Fortschreiten der Kurven. Ich fand z. B. 1803 die Neigungen in Acapulco, Guayaquil und Callao de Lima + 38° 48′, + 10° 42′, — 9° 54; Sir Edward Belcher + 37° 57′, + 9° 1′, — 9° 54′. Wirken die häufigen Erdbeben an der peruanischen Küste lokal auf die Erscheinungen, welche von der magnetischen Erdkraft abhangen?

1838—1842 Charles Wilkes, Narrative of the United States Exploring Expedition (Vol. I, p. XXI).

1838 Lieut. James Sulivan, Reise von Falmouth nach den Falklands-Inseln, Philos. Transact. for 1840, P. I, p. 129, 140 und 143.

1838 und 1839 Errichtung der magnetischen Stationen, unter der vortrefflichen Direktion des Oberst Sabine, in beiden Erdhälften, auf Kosten der großbritannischen Regierung. Die Instrumente wurden 1839 abgesandt, die Beobachtungen begannen in Toronto (Kanada) und auf Vandiemensland 1840, am Vorgebirge der guten Hoffnung 1841. (Vergl. Sir John Herschel im Quarterly Review Vol. 66, 1840, p. 297, Becquerel, Traité d'Electricité et de Magnétisme T. VI, p. 173.) — Durch die mühevolle und gründliche Bearbeitung dieses reichen Schatzes von Beobachtungen, welche alle Elemente oder Variationen der magnetischen Thätigkeit des Erdkörpers umfassen, hat Oberst Sabine als Superintendent of the Colonial Observatories früher unerkannte Gesetze entdeckt und der Wissenschaft neue Ansichten eröffnet. Die Resultate solcher Forschungen sind von ihm in einer langen Reihe einzelner Abhandlungen (contributions to terrestrial Magnetism) in den Philosophical Transactions der königl. Londoner Societät und in eigenen Schriften veröffentlicht worden, welche diesem Teile des Kosmos zu Grunde liegen. Wir nennen hier von diesen nur einige der vorzüglichsten: 1) Ueber ungewöhnliche magnetische Störungen (Ungewitter), beobachtet in den Jahren 1840 und 1841; s. Observations on days of unusual magnetic disturbances p. 1—107, und, als Fortsetzung dieser Arbeit, die Magnetic storms von 1843—1845 in den Philos. Transact. for 1851, P. I, p. 123—139; 2) Observations made at the Magnetical Observatory at Toronto 1840, 1841 und 1842 (lat. 43° 39′ bor., long. 81° 41′) Vol. I, p. XIV—XXVIII; 3) den sehr abweichenden Richtungsgang der magnetischen Deklination in der einen Hälfte des Jahres zu St. Helena, in Longwood-House (lat. 15° 55′ austr., lg. occ. 8° 3′), Phil. Transact. for 1847, P. I, p. 54; 4) Observat. made at the magn. and

meteor. Observatory at the Cape of Good Hope 1841—1846; 5) Observ. made at the magn. and meteor. Observatory at Hobarton (lat. 42° 52′ austr., lg. 145° 7′ or.) in Van Diemen Island, and the antarctic Expedition Vol. I and II (1841—1848); über Scheidung der östlichen und westlichen Strömungen (disturbances) s. Vol. II, p. IX—XXXVI; 6) Magnetische Erscheinungen innerhalb des antarktischen Polarkreises, in Kerguelen und Vandiemen, Phil. Transact. for 1843, P. II, p. 145—231; 7) Ueber die Isoclinal und Isodynamic Lines im Atlantischen Ozean, Zustand von 1837 (Phil. Transact for 1840, P. I, p. 129—155); 8) Fundamente einer Karte des Atlantischen Ozeans, welche die magnetischen Abweichungslinien zwischen 60° nördl. und 60° südl. Breite darstellt für das Jahr 1840 (Phil. Transact. for 1849, P. II, p. 173—233; 9) Mittel, die magnetische Totalkraft der Erde, ihre sekulare Veränderung und jährliche Variation (absolute values, secular change and annual variation of the magnetic force) zu messen (Phil. Transact. for 1850, P. I, p. 201—219; Uebereinstimmung der Epoche der größten Nähe der Sonne mit der der größten Intensität der Kraft in beiden Hemisphären und der Zunahme der Inklination p. 216); 10) Ueber das Maß magnetischer Intensität im hohen Norden des Neuen Kontinents und über den von Kap. Lefroy aufgefundenen Punkt (Br. 52″ 19′) der größten Erdkraft, Philos. Transact. for 1846, P. III, p. 237 bis 336; 11) Die periodischen Veränderungen der drei Elemente des Erdmagnetismus (Abweichung, Inklination und totaler Kraft) zu Toronto in Kanada und zu Hobarton auf Vandiemen, und über den Zusammenhang der zehnjährigen Periode magnetischer Veränderungen mit der von Schwabe zu Dessau entdeckten, ebenfalls zehnjährigen Periode der Frequenz von Sonnenflecken, Phil. Transact. for 1852, P. I, p. 121—124. (Die Variationsbeobachtungen von 1846 und 1851 sind als Fortsetzung der in Nr. 1 bezeichneten von 1840 bis 1845 zu betrachten.)

1839 Darstellung der Linien gleicher Neigung und gleicher Intensität der Erdkraft in den britischen Inseln (magnetic isoclinal and isodynamic Lines, from observations of Humphrey Lloyd, John Phillips, Robert Were Fox, James Ross and Edward Sabine). Schon 1833 hatte die British Association in Cambridge beschlossen, daß in mehreren Teilen des Reichs Neigung und Intensität bestimmt werden sollten; schon im Sommer 1834 wurde dieser Wunsch von Prof. Lloyd und Oberst Sabine in Erfüllung gebracht und die Arbeit 1835 und 1836 auf Wales und Schottland ausgedehnt (8th Report of the British Assoc. in the meeting at Newcastle 1838, p. 49—196; mit einer isoklinischen und isodynamischen Karte der britischen Inseln, die Intensität in London = 1 gesetzt).

1838—1843 Die große Entdeckungsreise von Sir James Clark Roß nach dem Südpol, gleich bewundernswürdig durch den Gewinn

für die Kenntnis der Existenz viel bezweifelter Polarländer, als durch das neue Licht, welches die Reise über den magnetischen Zustand großer Erdräume verbreitet hat. Sie umfaßt, alle drei Elemente des tellurischen Magnetismus numerisch bestimmend, fast $^2/_3$ der Area der ganzen hohen Breiten der südlichen Halbkugel.

1839—1851 Kreils über zwölf Jahre lang fortgesetzte Beobachtungen der Variation sämtlicher Elemente der Erdkraft und der vermuteten soli-lunaren Einflüsse auf der kais. Sternwarte zu Prag.

1840 Stündliche magnetische Beobachtungen mit einer Gambeyschen Deklinationsbussole während eines zehnjährigen Aufenthalts in Chile von Claudio Gay; s. dessen Historia fisica y politica de Chile, 1847.

1840—1851 Lamont, Direktor der Sternwarte zu München, Resultate seiner magnetischen Beobachtungen, verglichen mit denen von Göttingen, die selbst bis 1835 aufsteigen. Erforschung des wichtigen Gesetzes einer zehnjährigen Periode [s. Zusatz am Schluß dieses Bandes] der Deklinationsveränderungen. (Vergl. Lamont in Poggend. Ann. der Phys. Bd. 84, 1851, S. 572—282, und Reslhuber Bd. 85, 1852, S. 179—184.) Der schon oben berührte mutmaßliche Zusammenhang zwischen der periodischen Zu- und Abnahme der Jahresmittel der täglichen Deklinationsvariation der Magnetnadel und der periodischen Frequenz der Sonnenflecken ist zuerst von Oberst Sabine in den Phil. Transact. for 1852, und, ohne daß er Kenntnis von dieser Arbeit hatte, 4 bis 5 Monate später von dem gelehrten Direktor der Sternwarte zu Bern, Rudolf Wolf, in den Schriften der schweizerischen Naturforscher verkündigt worden.[45] Lamonts Handbuch des Erdmagnetismus (1848) enthält die Angabe der neuesten Mittel der Beobachtung wie die Entwickelung der Methoden.

1840—1845 Bache, Director of the Coast Survey of the United States, Observations made at the magn. and meteorol. Observatory at Girard's College (Philadelphia), publ. 1847.

1840—1842 Lieut. Gilliß (U. St.) Magnetical and meteorological observations made at Washington, publish. 1847 (p. 2 to 319; magnetic storms p. 336).

1841—1843 Sir Robert Schomburgk, Deklinationsbeobachtungen in der Waldgegend der Guyana zwischen dem Berg Roraima und dem Dörfchen Pirara, zwischen den Parallelen von 4° 57′ und 3° 39′ (Phil. Transact. for 1849, P. II, p. 217).

1841—1845 Magn. and meteorol. observations made at Madras.

1843—1844 Magnetische Beobachtungen auf der Sternwarte von Sir Thomas Brisbane zu Makerstoun (Roxburghshire, Schottland), Br. 55° 34′; s. Transact. of the Royal Soc. of Edinb. Vol. XVII, P. 2, p. 188 und Vol. XVIII, p. 46.

1843—1849 Kreil über den Einfluß der Alpen auf Aeußerung der magnetischen Erdkraft. (Vergl. Schum. Astr. Nachr. Nr. 602.)

1844—1845 Expedition der Pagoda in hohen antarktischen Breiten bis — 64° und — 67°, und Länge 4° bis 117° östl., alle drei Elemente des tellurischen Magnetismus umfassend: unter dem Kommando des Schiffslieut. Moore, der schon in der Nordpolexpedition auf dem Terror gewesen war, und des Artillerielieut. Clerk, früher Direktors des magnetischen Observatoriums am Vorgebirge der guten Hoffnung; — eine würdige Vervollständigung der Arbeiten von Sir James Clark Roß am Südpol.

1845 Proceedings of the magn. and meteorol. conference held at Cambridge.

1845 Observations made at the magn. and meteorol. Observatory at Bombay under the superintendency of Arthur Bedford Orlebar. Das Observatorium ist auf der kleinen Insel Colaba erbaut worden.

1845—1850 Sechs Bände Results of the magn. and meteorol. observations made at the royal Observatory at Greenwich. Das magnetische Haus wurde 1838 gebaut.

1845 Simonoff, Prof. de Kazan, Recherches sur l'action magnétique de la Terre.

1846—1849 Kap. Elliot (Madras Engineers) Magnetic survey of the Eastern Archipelago; 16 Stationen, jede von mehreren Monaten: auf Borneo, Celebes, Sumatra, den Nicobaren und Keeling-Inseln; mit Madras verglichen, zwischen nördl. Breite 16° und südl. Breite 12°, Länge 78° und 123° östl. (Phil. Transact for 1851, P. I, p. 287—331 und p. I—CLVII). Beigefügt sind Karten gleicher Inklination und Deklination, wie horizontaler und totaler Kraft. Diese Arbeit, welche zugleich die Lage des magnetischen Aequators und der Linie ohne Abweichung darstellt, gehört zu den ausgezeichnetsten und vielumfassendsten neuerer Zeit.

1845—1850 Faradays glänzende physikalische Entdeckungen 1) über die axiale (paramagnetische) oder äquatoriale (diamagnetische)[46] Stellung (Richtung), welche frei schwingende Körper unter äußerem magnetischen Einflusse annehmen (Phil. Transact. for 1846, § 2420 und Phil. Transact. for 1851, P. I, § 2718—2796); 2) über Beziehung des Elektromagnetismus zu einem polarisierten Lichtstrahle und Drehung des letzteren unter Vermittelung (Dazwischenkunft) des veränderten Molekularzustandes derjenigen Materie, durch welche zugleich der polarisierte Lichtstrahl und der magnetische Strom geleitet werden (Phil. Transact. for 1846, P. I, § 2195 und 2215 bis 2221); 3) über die merkwürdige Eigenschaft des Sauerstoffgases, als des einzigen paramagnetischen unter allen Gasarten, einen solchen Einfluß auf die Elemente des Erdmagnetismus auszuüben, daß es, weichem Eisen gleich, nur außerordentlich viel schwächer, durch die verteilende Wirkung des Erdkörpers, eines permanent gegenwärtigen Magnets, Polarität[47] annimmt (Phil. Transact. for 1851, P. I, § 2297—2967).

1849 Emory, Magn. observations made at the Isthmus of Panama.

1849 Prof. William Thomson in Glasgow, A mathematical Theory of Magnetism, in den Phil. Transact. for 1851, P. I, p. 243—285. (Ueber das Problem der Verteilung der magnetischen Kraft vgl. § 42 und 56 mit Poisson in den Mémoires de l'Institut 1811, P. I, p. 1, P. II, p. 163.)

1850 Airy, On the present state and prospects of the science of terrestrial Magnetism, Fragment einer vielversprechenden Abhandlung.

1852 Kreil, Einfluß des Mondes auf die magnetische Deklination zu Prag in den Jahren 1839 bis 1849. Ueber die früheren Arbeiten dieses genauen Beobachters, von 1836 bis 1838, s. Osservazioni sull' intensità e sulla direzione della forza magnetica istituite negli anni 1836—1838 all' I. R. Osservatorio di Milano p. 171, wie auch magnetische und meteorologische Beobachtungen zu Prag, Bd. I, S. 59.

1852 Faraday, On Lines of magnetic Force and their definite character.

1852 Sabines neue Beweise aus Beobachtungen von Toronto, Hobarton, St. Helena und dem Vorgebirge der guten Hoffnung (1841—1851), daß überall in der Morgenstunde von 7—8 Uhr die Magnetdeklination eine Jahresperiode darbietet, in welcher das nördliche Solstitium die größte östliche Elongation, das südliche Solstitium die größte westliche Elongation offenbaren, ohne daß in diesen Solstitialepochen (turning periods) die Temperatur der Atmosphäre oder der Erdrinde ein Maximum oder ein Minimum erleiden. Vergl. den, noch nicht erschienenen, zweiten Band der observations made at Toronto p. XVII mit den schon oben angeführten zwei Abhandlungen von Sabine über Einfluß der Sonnennähe (Philos. Transact. for 1850, P. I, p. 121).

Die chronologische Aufzählung der Fortschritte unserer Kenntnis von dem Erdmagnetismus in der Hälfte eines Jahrhunderts, in dem ich diesem Gegenstande ununterbrochen das wärmste Interesse gewidmet habe, zeigt ein glückliches Streben nach einem zwiefachen Zwecke. Der größere Teil der Arbeiten ist der Beobachtung der magnetischen Thätigkeit des Erdkörpers, der Messung nach Raumverhältnissen und Zeitepochen gewidmet gewesen; der kleinere Teil gehört dem Experimente, dem Hervorrufen von Erscheinungen, welche auf Ergründung des Wesens jener Thätigkeit selbst, der inneren Natur der Magnetkraft, zu leiten verheißen. Beide

Wege, messende Beobachtung der Aeußerungen des tellurischen Magnetismus (in Richtung und Stärke) und physikalisches Experiment über Magnetkraft im allgemeinen, haben gegenseitig den Fortschritt unseres Naturwissens belebt. Die Beobachtung allein, unabhängig von jeglicher Hypothese über den Kausalzusammenhang der Erscheinungen oder über die bis jetzt unmeßbare, uns unerreichbare Wechselwirkung der Moleküle im Inneren der Substanzen, hat zu wichtigen numerischen Gesetzen geführt. Dem bewundernswürdigen Scharfsinn experimentierender Physiker ist es gelungen, Polarisationseigenschaften starrer und gasförmiger Körper zu entdecken, von denen man vorher keine Ahnung hatte, und die in eigenem Verkehr mit Temperatur und Luftdruck stehen. So wichtig und unbezweifelt auch jene Entdeckungen sind, können sie in dem gegenwärtigen Zustand unseres Wissens doch noch nicht als befriedigende Erklärungsgründe jener Gesetze betrachtet werden, welche bereits in der Bewegung der Magnetnadel erkannt worden sind. Das sicherste Mittel, zur Erschöpfung des veränderlich Meßbaren im Raume wie zu der Erweiterung und Vollendung der, von Gauß so großartig entworfenen, mathematischen Theorie des Erdmagnetismus zu gelangen, ist das Mittel der gleichzeitig an vielen gut ausgewählten Punkten der Erde fortgesetzten Beobachtung aller drei Elemente der magnetischen Thätigkeit. Was ich selbst aber Ruhmvolles von der Verbindung des Experimentes und der mathematischen Gedankenverbindung erwarte, habe ich bereits an einem anderen Orte ausgesprochen und durch Beispiele erläutert.

Alles was auf unserem Planeten vorgeht, kann nicht ohne kosmischen Zusammenhang gedacht werden. Das Wort Planet führt uns an sich schon auf Abhängigkeit von einem Centralkörper, auf die Verbindung mit einer Gruppe von Himmelskörpern sehr verschiedener Größe, die wahrscheinlich einen gleichen Ursprung haben. Sehr früh wurde der Einfluß des Sonnenstandes auf die Aeußerung der Magnetkraft der Erde anerkannt, deutlichst bei Entdeckung der stündlichen Abweichung, dunkler, wie Kepler ein Jahrhundert vorher ahnte, daß alle Achsen der Planeten nach einer Weltgegend magnetisch gerichtet seien. Kepler sagt ausdrücklich, „daß die Sonne ein magnetischer Körper sei, und daß deshalb in der Sonne die Kraft liege, welche die Planeten bewege". Massenanziehung und Gravitation erschienen damals unter dem Symbol

magnetischer Attraktion. Horrebow,[48] der Gravitation nicht mit Magnetismus verwechselte, hat wohl zuerst den Lichtprozeß „ein perpetuierlich im Sonnendunstkreise durch magnetische Kräfte vorgehendes Nordlicht“ genannt. Unseren Zeiten näher (und dieser Unterschied der Meinungen ist sehr bemerkenswert) sind die Ansichten über die Art der Einwirkung der Sonne entschieden geteilt aufgetreten.

Man hat sich entweder vorgestellt, daß die Sonne, ohne selbst magnetisch zu sein, auf den Erdmagnetismus nur temperaturverändernd wirke (Canton, Ampère, Christie, Lloyd, Airy), oder man glaubt, wie Coulomb, die Sonne von einer magnetischen Atmosphäre umhüllt, welche ihre Wirkung auf den Magnetismus der Erde durch Verteilung ausübe. Wenngleich durch Faradays schöne Entdeckung von der paramagnetischen Eigenschaft des Sauerstoffgases die große Schwierigkeit gehoben wird, sich, nach Canton, die Temperatur der festen Erdrinde und der Meere als unmittelbare Folge des Durchganges der Sonne durch den Ortsmeridian schnell und beträchtlich erhöht vorstellen zu müssen, so hat doch die vollständige Zusammenstellung und scharfsinnige Diskussion alles meßbar Beobachteten durch den Oberst Sabine als Resultat ergeben, daß die bisher beobachteten periodischen Variationen der magnetischen Thätigkeit des Erdkörpers nicht ihre Ursache in den periodischen Temperaturveränderungen des uns zugänglichen Luftkreises haben. Weder die Hauptepochen der täglichen oder jährlichen Veränderungen der Deklination zu verschiedenen Stunden des Tages und der Nacht (und die jährlichen hat Sabine zum erstenmal, nach einer übergroßen Zahl von Beobachtungen, genau darstellen können), noch die Perioden der mittleren Intensität der Erdkraft stimmen[49] mit den Perioden der Maxima und Minima der Temperatur der Atmosphäre oder der oberen Erdrinde überein. Die Wendepunkte in den wichtigsten magnetischen Erscheinungen sind die Solstitien und Aequinoktien. Die Epoche, in welcher die Intensität der Erdkraft am größten ist und in beiden Hemisphären die Inklinationsnadel dem vertikalen Stande sich am nächsten zeigt, ist die der größten Sonnennähe,[50] wenn zugleich die Erde die größte Translationsgeschwindigkeit in ihrer Bahn hat. Nun aber sind sich in der Zeit der Sonnennähe (Dezember, Januar und Februar) wie in der Sonnenferne (Mai, Juni und Juli) die Temperaturverhältnisse der Zonen diesseits und jenseits des Aequators geradezu

entgegengesetzt, die Wendepunkte der ab- und zunehmenden Intensität, Deklination und Inklination können also nicht der Sonne als wärmendem Prinzip zugeschrieben werden.

Jahresmittel aus den Beobachtungen von München und Göttingen haben dem thätigen Direktor der königl. bayrischen Sternwarte, Prof. Lamont, das merkwürdige Gesetz einer Periode von 10 1/3 Jahren in den Veränderungen der Deklination offenbart. In der Periode von 1841 bis 1850 erreichten die Mittel der monatlichen Deklinationsveränderungen sehr regelmäßig ihr Minimum 1843 1/2, ihr Maximum 1848 1/2. Ohne diese europäischen Resultate zu kennen, hatte die Vergleichung der monatlichen Mittel derselben Jahre 1843 bis 1848, aus Beobachtungen von Orten gezogen, welche fast um die Größe der ganzen Erdachse voneinander entfernt liegen (Toronto in Kanada und Hobarton auf Vandiemensinsel), den Oberst Sabine auf die Existenz einer periodisch wirkenden Störungsursache geleitet. Diese ist von ihm als eine rein *kosmische* in den ebenfalls zehnjährigen periodischen Veränderungen der Sonnenatmosphäre gefunden worden. Der fleißigste Beobachter der Sonnenflecken unter den jetzt lebenden Astronomen, *Schwabe*, hat (wie ich schon an einem anderen Orte entwickelt) in einer langen Reihe von Jahren (1826 bis 1850) eine periodisch wechselnde Frequenz der *Sonnenflecken* aufgefunden, dergestalt, daß ihr Maximum in die Jahre 1828, 1837 und 1848, ihr Minimum in die Jahre 1833 und 1843 gefallen ist. „Ich habe," setzt er hinzu, „nicht Gelegenheit gehabt, eine fortlaufende Reihe älterer Beobachtungen zu untersuchen, stimme aber gern der Meinung bei, daß diese Periode selbst wieder veränderlich sein könne." Etwas einer solchen Veränderlichkeit Analoges, *Perioden* in den *Perioden*, bieten uns allerdings auch *Lichtprozesse* in anderen selbstleuchtenden Sonnen dar. Ich erinnere an die von Goodricke und Argelander ergründeten, so komplizierten Intensitätsveränderungen von β Lyrae und Mira Ceti.

Wenn, nach Sabine, der Magnetismus des Sonnenkörpers sich durch die in der Sonnennähe vermehrte Erdkraft offenbart, so ist es um so auffallender, daß nach *Kreils* gründlichen Untersuchungen über den magnetischen Mondeinfluß dieser sich bisher weder in der Verschiedenheit der Mondphasen noch in der Verschiedenheit der *Entfernung des Mondes von der Erde* bemerkbar gemacht hat. Die Nähe des Mondes scheint im Vergleich mit der Sonne nicht

die Kleinheit der Masse zu kompensieren. (S. Zusatz am Schluß dieses Bandes.) Das Hauptergebnis der Untersuchung über den magnetischen Einfluß der Erdsatelliten, welcher nach Melloni nur eine Spur von Wärmeerregung zeigt, ist, daß die magnetische Deklination auf unserer Erde im Verlauf eines Mondtages eine regelmäßige Aenderung erleidet, indem dieselbe zu einem zweifachen Maximum und zu einem zweifachen Minimum gelangt. „Wenn der Mond," sagt Kreil sehr richtig, „keine (für die gewöhnlichen Wärmemesser) erkennbare Temperaturveränderung auf der Erdoberfläche hervorbringt, so kann er auch in der Magnetkraft der Erde keine Aenderung auf diesem Wege erzeugen; wird nun demungeachtet eine solche bemerkt, so muß man daraus schließen, daß sie auf einem anderen Wege als durch Erwärmung hervorgebracht werde." Alles, was nicht als das Produkt einer einzigen Kraft auftritt, kann, wie beim Monde, erst durch Ausscheidung vieler fremdartigen Störungselemente als für sich bestehend erkannt werden.

Werden nun auch bis jetzt die entschiedensten und größten Variationen in den Aeußerungen des tellurischen Magnetismus nicht durch Maxima und Minima des Temperaturwechsels befriedigend erklärt, so ist doch wohl nicht zu bezweifeln, daß die große Entdeckung der polarischen Eigenschaft des Sauerstoffes in der gasförmigen Erdumhüllung, bei tieferer und vollständigerer Einsicht in den Prozeß magnetischer Thätigkeit, in naher Zukunft zum Verstehen der Genesis dieses Prozesses ein Element darbieten wird. Es ist bei dem harmonischen Zusammenwirken aller Kräfte undenkbar, daß die eben bezeichnete Eigenschaft des Sauerstoffes und ihre Modifikation durch Temperaturerhöhung keinen Anteil an dem Hervorrufen magnetischer Erscheinungen haben sollte.

Ist es, nach Newtons Ausspruch, sehr wahrscheinlich, daß die Stoffe, welche zu einer Gruppe von Weltkörpern (zu einem und demselben Planetensystem) gehören, großenteils dieselben sind, so steht durch induktive Schlußart zu vermuten, daß nicht auf unserem Erdball allein der gravitierenden Materie eine elektromagnetische Thätigkeit verliehen sei. Die entgegengesetzte Annahme würde *kosmische Ansichten* mit dogmatischer Willkür einengen. Coulumbs Hypothese über den Einfluß der magnetischen Sonne auf die magnetische Erde widerspricht keiner Analogie des Erforschten.

Wenn wir nun zu der rein *objektiven* Darstellung der

magnetischen Erscheinungen übergehen, wie sie unser Planet in den verschiedenen Teilen seiner Oberfläche und in seinen verschiedenen Stellungen zum Centralkörper darbietet, so müssen wir in den numerischen Resultaten der Messung genau die Veränderungen unterscheiden, welche in kurze oder sehr lange Perioden eingeschlossen sind. Alle sind voneinander abhängig, und in dieser Abhängigkeit sich gegenseitig verstärkend oder teilweise aufhebend und störend, wie in bewegten Flüssigkeiten Wellenkreise, die sich durchschneiden. Zwölf Objekte bieten sich der Betrachtung vorzugsweise dar:

zwei Magnetpole, ungleich von den Rotationspolen der Erde entfernt, in jeder Hemisphäre einer; es sind Punkte des Erdsphäroids, in denen die magnetische Inklination = 90° ist und in denen also die horizontale Kraft verschwindet;

der magnetische Aequator, die Kurve, auf welcher die Inklination der Nadel = 0 ist;

die Linien gleicher Deklination und die, auf welchen die Deklination = 0 ist (isogonische Linien und Linien ohne Abweichung);

die Linien gleicher Inklination (isoklinische Linien); die vier Punkte größter Intensität der magnetischen Erdkraft, zwei von ungleicher Stärke in jeder Hemisphäre;

die Linien gleicher Erdkraft (isodynamische Linien);

die Wellenlinie, welche auf jedem Meridian die Erdpunkte schwächster Intensität der Kraft miteinander verbindet und auch bisweilen ein dynamischer Aequator genannt[51] worden ist; es fällt diese Wellenlinie weder mit dem geographischen noch mit dem magnetischen Aequator zusammen;

die Begrenzung der Zone meist sehr schwacher Intensität, in der die stündlichen Veränderungen der Magnetnadel, nach Verschiedenheit der Jahreszeiten, abwechselnd vermittelnd[52] an den Erscheinungen beider Halbkugeln teilnehmen.

Ich habe in dieser Auffassung das Wort Pol allein für die zwei Erdpunkte, in denen die horizontale Kraft verschwindet, beibehalten, weil oft, wie schon bemerkt worden ist, in neuerer Zeit diese Punkte (die wahren Magnetpole), in denen die Intensitätsmaxima keineswegs liegen, mit den vier

Erdpunkten größter Intensität verwechselt worden sind.[53] Auch hat Gauß gezeigt, daß es schädlich sei, die Chorde, welche die beiden Punkte verbindet, in denen auf der Erdoberfläche die Neigung der Nadel = 90° ist, durch die Benennung magnetische Achse der Erde auszeichnen zu wollen. Der innige Zusammenhang, welcher zwischen den hier aufgezählten Gegenständen herrscht, macht es glücklicherweise möglich, die verwickelten Erscheinungen des Erdmagnetismus nach drei Aeußerungen der einigen, thätigen Kraft (Intensität, Inklination und Deklination) unter drei Gesichtspunkte zu konzentrieren.

Intensität.

Die Kenntnis des wichtigsten Elementes des tellurischen Magnetismus, die unmittelbare Messung der Stärke der totalen Erdkraft ist spät erst der Kenntnis von den Verhältnissen der Richtung dieser Erdkraft in horizontaler und vertikaler Ebene (Deklination und Inklination) gefolgt. Die Schwingungen, aus deren Dauer die Intensität geschlossen wird, sind erst am Schluß des 18. Jahrhunderts ein Gegenstand des Experimentes, in der ersten Hälfte des 19. ein Gegenstand ernster und fortgesetzter Untersuchung geworden. Graham (1723) maß die Schwingungen seiner Inklinationsnadel, in der Absicht, zu versuchen, ob sie konstant wären, und um das Verhältnis der sie dirigierenden Kraft zur Schwere zu finden. Der erste Versuch, die Intensität des Magnetismus an voneinander weit entfernten Punkten der Erde durch die Zahl der Oszillationen in gleichen Zeiten zu prüfen, geschah durch Mallet (1769). Er fand mit sehr unvollkommenen Apparaten die Zahl der Oszillationen zu Petersburg (Br. 59° 56′) und zu Ponoi (67° 4′) völlig gleich, woraus die, bis auf Cavendish fortgepflanzte irrtümliche Meinung entstand, daß die Intensität der Erdkraft unter allen Zonen dieselbe sei. Borda hatte zwar nie, wie er mir oft erzählt, aus theoretischen Gründen diesen Irrtum geteilt, ebensowenig als vor ihm le Monnier; aber auch Borda hinderte die Unvollkommenheit seiner Neigungsnadel (die Friktion, welche dieselbe auf den Zapfen erlitt), Unterschiede der Magnetkraft während seiner Expedition nach den Kanarischen Inseln (1776) zwischen Paris, Toulon, Sta. Cruz de Tenerifa und Gorée in Senegambien, in einem Raume von 35 Breitengraden zu entdecken (Voyage

de la Pérouse, T. I, p. 162). Mit verbesserten Instrumenten wurden zum erstenmal diese Unterschiede auf der unglücklichen Expedition von La Pérouse in den Jahren 1785 und 1787 von Lamanon aufgefunden und von Macao aus dem Sekretär der Pariser Akademie mitgeteilt. Sie blieben, wie ich schon früher (Bd. IV, S. 45) erinnert, unbeachtet und, wie so vieles andere, in den akademischen Archiven vergraben.

Die ersten öffentlichen Intensitätsbeobachtungen, ebenfalls auf Bordas Aufforderungen angestellt, sind die meiner Reise nach den Tropenländern des neuen Kontinentes von den Jahren 1798 bis 1804. Frühere von meinem Freunde de Rossel (1791 und 1794) in den indischen Meeren eingesammelte Resultate über die magnetische Erdkraft sind erst vier Jahre nach meiner Rückkunft aus Mexiko im Druck erschienen. Im Jahre 1829 wurde mir der Vorzug, die Arbeit über Intensität und Inklination von der Südsee aus noch volle 188 Längengrade gegen Osten bis in die chinesische Dsungarei fortsetzen zu können, und zwar ⅔ dieser Erdhälfte durch das Innere der Kontinente. Die Unterschiede der Breite sind 72° (von 60° nördlicher bis 12° südlicher Breite) gewesen.

Wenn man die Richtung der einander umschließenden isodynamischen Linien (Kurven gleicher Intensität) sorgfältig verfolgt und von den äußeren, schwächeren, zu den inneren, allmählich stärkeren, übergeht, so werden bei der Betrachtung der tellurischen Kraftverteilung des Magnetismus für jede Hemisphäre in sehr ungleichen Abständen von den Rotations- wie von den Magnetpolen der Erde, zwei Punkte (foci) der Maxima der Intensität, ein stärkerer und ein schwächerer, erkannt. Von diesen 4 Erdpunkten liegt in der nördlichen Hemisphäre[54] der stärkere (amerikanische) in Br. + 52° 19′ und Länge 94° 20′ W., der schwächere (oft der sibirische genannt) in Br. + 70°?, Länge 117° 40′ O., vielleicht einige Grade minder östlich. Auf der Reise von Parschinsk nach Jakutsk fand Erman (1829) die Kurve der größten Intensität (1,742) bei Beresowski Ostrow in Länge 115° 31′ O., Br. + 50° 44′ (Erman, Magnet. Beob. S. 172 und 540; Sabine in den Phil. Transact. for 1850, P. I, p. 218). Von beiden Bestimmungen ist die des amerikanischen Fokus besonders der Breite nach sichrere, „der Länge nach wahrscheinlich etwas zu westlich“. Das Oval,

welches den stärkeren nördlichen Fokus einschließt, liegt demnach im Meridian des Westendes des Lake Superior, zwischen der südlichen Extremität der Hudsonsbai und der des kanadischen Sees Winipeg. Man verdankt diese Bestimmung der wichtigen Landexpedition des ehemaligen Direktors der magnetischen Station von St. Helena, des Artilleriehauptmanns Lefroy, im Jahre 1843. „Das Mittel der Lemniscate, welche den stärkeren und schwächeren Fokus verbindet, scheint nordöstlich von der Beringsstraße, näher dem asiatischen Fokus als dem amerikanischen, zu liegen.“

Als ich in der peruanischen Andeskette der südlichen Hemisphäre, in Br. — 7° 2′ und Länge 81° 8′ W., den magnetischen Aequator, die Linie, auf der die Neigung = 0 ist, zwischen Micuipampa und Caxamarca (1802) durchschnitt und von diesem merkwürdigen Punkte an die Intensität gegen Norden und Süden hin wachsen sah, so entstand in mir, da es damals und noch lange nachher an allen Vergleichungspunkten fehlte, durch eine irrige Verallgemeinerung des Beobachteten, die Meinung, daß vom magnetischen Aequator an die Magnetkraft der Erde bis nach beiden Magnetpolen ununterbrochen wachse, und daß wahrscheinlich in diesen (da, wo die Neigung = 90° wäre) das Maximum der Erdkraft liege. Wenn man zum erstenmal einem großen Naturgesetz auf die Spur kommt, so bedürfen die früh aufgefaßten Ansichten meist einer späteren Berichtigung. Sabine hat durch eigene Beobachtungen (1818 bis 1822), die er in sehr verschiedenen Zonen anstellte, wie durch scharfsinnige Zusammenstellung vieler fremder (da die Schwingungsversuche von vertikalen und horizontalen Nadeln nach und nach allgemeiner wurden) erwiesen, daß Intensität und Neigung sehr verschiedenartig modifiziert werden, daß das Minimum der Erdkraft in vielen Punkten fern von dem magnetischen Aequator liege, ja, daß in den nördlichsten Teilen von Kanada und des arktischen Hudsonlandes von Breite 52½ bis zum Magnetpole (Br. 70°) unter dem Meridian von ungefähr 94° bis 95° westl. Länge, die Intensität, statt zu wachsen, abnimmt. In dem von Lefroy aufgefundenen kanadischen Fokus der größten Intensität in der nördlichen Hemisphäre war 1855 die Neigung der Nadel erst 73° 7′, und in beiden Hemisphären findet man die Maxima der Erdkraft neben vergleichungsweise geringer Neigung.

So vortrefflich und reichhaltig auch die Fülle der Inten-

sitätsbeobachtungen ist, die wir den Expeditionen von Sir James Roß, von Moore und Clerk in den antarktischen Polarmeeren verdanken, so bleibt doch noch über die Lage des stärkeren und schwächeren Fokus in der südlichen Halbkugel viel Zweifel übrig.[55] Der erste der eben genannten Seefahrer hat die isodynamischen Kurven vom höchsten Wert der Intensität mehrfach durchschnitten, und nach einer genauen Diskussion seiner Beobachtungen setzt Sabine den einen Fokus in Br. — 64° und Länge 135° 10′ Ost. Roß selbst, in dem Bericht[56] seiner großen Reise, vermutete den Fokus in der Nähe der von d'Urville entdeckten Terre d'Adélie, also ungefähr in Br. — 60°, Länge 137° 40′ Ost. Dem anderen Fokus meinte er sich zu nahen in — 60° Br. und 127° 20′ westlicher Länge, war aber doch geneigt, denselben viel südlicher, unweit des Magnetpoles, also in einen östlicheren Meridian, zu setzen.[57]

Nach Festsetzung der Lage der 4 Maxima der Intensität muß das Verhältnis der Kräfte selbst angegeben werden. Diese Angaben geschehen entweder nach dem mehrfach berührten älteren Herkommen, d. i. in Vergleich mit der Intensität, welche ich in einem Punkte des Aequators gefunden, den die peruanische Andeskette in Br. — 70° 2′ und Länge 81° 8′ W. durchschneidet, oder nach den frühesten Vorschlägen von Poisson und Gauß in absoluter Messung. Nach der relativen Skale, wenn die Intensität auf dem eben bezeichneten Erdpunkte im magnetischen Aequator = 1,000 gesetzt wird, sind, da man das Intensitätsverhältnis von Paris im Jahre 1827 (Bd. IV, S. 50) zu dem von London ermittelt hat, die Intensitäten in diesen zwei Städten 1,348 und 1,372. Uebersetzt man diese Zahlen in die absolute Skale, so würden sie ungefähr 10,20 und 10,38 heißen und die Intensität, welche für Peru = 1,000 gesetzt worden ist, würde nach Sabine in absoluter Skale = 7,57 sein, also sogar noch größer, als die Intensität in St. Helena, die in derselben absoluten Skale = 6,4 ist. Alle diese Zahlen werden noch wegen Verschiedenheit der Jahre, in denen die Vergleichungen geschahen, neue Veränderungen erleiden. Sie sind in beiden Skalen, der relativen (arbitrary scale) und der, vorzuziehenden, absoluten, nur als provisorisch zu betrachten, aber auch bei dem jetzigen unvollkommeneren Grade ihrer Genauigkeit werfen sie ein helles Licht auf die Verteilung der Erdkraft, ein Element, über das man noch vor einem halben Jahrhunderte in der

tiefsten Unwissenheit war. Sie gewähren, was kosmisch am wichtigsten ist, historische Ausgangspunkte für die Kraftveränderungen, welche künftige Jahrhunderte offenbaren werden, vielleicht durch Abhängigkeit der Erde von der auf sie einwirkenden Magnetkraft der Sonne.

In der nördlichen Hemispäre ist am befriedigendsten durch Lefroy die Intensität des stärkeren kanadischen Fokus (unter Br. + 52° 19′, Länge 94° 20′ W.) bestimmt. Es wird dieselbe in der relativen Skale durch 1,878 ausgedrückt, wenn die Intensität von London 1,372 ist, in der absoluten Skale durch 14,21. Schon in New York (Br. + 40° 42′) hatte Sabine die Magnetkraft nicht viel schwächer (1,803) gefunden. Für den schwächeren sibirischen, nördlichen Fokus (Br.? + 70°, Lg. 117° 40′ O.) wird sie von Erman in relativer Skale 1,74, von Hansteen 1,76, d. i. in absoluter Skale zu 13,3 angegeben. Die antarktische Expedition von Sir James Roß hat gelehrt, daß der Unterschied der beiden Foci in der südlichen Hemisphäre wahrscheinlich schwächer als in der nördlichen ist, aber daß jeder der beiden südlichen Foci die beiden nördlichen an Kraft überwiegt. Die Intensität ist in dem stärkeren südlichen Fokus (Br. — 64°, Lg. 135° 10′ O.) in der relativen Skale[58] wenigstens 2,06, in absoluter Skale 15,60, in dem schwächeren südlichen Fokus (Br. — 60°, Lg. 127° 20′ W.?), ebenfalls nach Sir James Roß, in relativer Skale 1,96, in absoluter Skale 14,90. Der größere oder geringere Abstand der beiden Foci derselben Hemisphäre voneinander ist als ein wichtiges Element ihrer individuellen Stärke von der ganzen Verteilung des Magnetismus erkannt worden. „Wenn auch die Foci der südlichen Halbkugel eine auffallend stärkere Intensität (in absolutem Maß 15,60 und 14,90) darbieten, als die Foci der nördlichen Halbkugel (14,21 und 13,30), so wird doch im ganzen die Magnetkraft der einen Halbkugel für nicht größer als die der anderen erachtet. Ganz anders ist es aber, wenn man das Erdsphäroid in einen östlichen und westlichen Teil nach den Meridianen von 100° und 280° (Greenwicher Länge von West nach Ost gerechnet) dergestalt schneidet, daß die östliche Hemisphäre (die mehr kontinentale) Südamerika, den Atlantischen Ozean, Europa, Afrika und Asien fast bis zum Baikal, die westliche (die mehr ozeanische und insulare) fast ganz Nordamerika, die weite Südsee, Neuholland und einen Teil von Ostasien einschließt." Die bezeichneten Meridiane liegen, der eine un-

gefähr 4° westlich von Singapur, der andere 13° westlich vom Kap Horn, im Meridian selbst von Guayaquil. Alle 4 Foci des Maximums der Magnetkraft, ja die zwei Magnetpole gehören der westlichen Hemisphäre an.[59]

Adolf Ermans wichtiger Beobachtung der kleinsten Intensität im Atlantischen Ozean östlich von der brasilianischen Provinz Espiritu Santo (Br. — 20°, Lg. 37° 24′ W.) ward bereits im Naturgemälde gedacht. Er fand in relativer Skale 0,7062 (in absoluter 3,35). Diese Region der schwächsten Intensität ist auch auf der antarktischen Expedition von Sir James Roß zweimal durchschnitten worden, zwischen Br. — 19° und — 21°, ebenso von Lieutenant Sulivan und Dunlop auf ihrer Fahrt nach den Falklandsinseln.[60] Auf der isodynamischen Karte des ganzen Atlantischen Ozeans hat Sabine die Kurve der kleinsten Intensität, welche Roß den Equator of less intensity nennt, von Küste zu Küste dargestellt. Sie schneidet das westafrikanische Litorale von Benguela bei der portugiesischen Kolonie Mossamedes (Br. — 15°), hat in der Mitte des Ozeans ihren konkaven Scheitel in Lg. 20° 20′ W. und erhebt sich zur brasilianischen Küste bis — 20° Breite. Ob nicht nördlich vom Aequator (Br. + 10° bis 12°), etwa 20 Grade östlich von den Philippinen, eine andere Zone ziemlich schwacher Intensität (0,97 relative Skale) liegt, werden künftige Untersuchungen in ein klareres Licht setzen.

An dem früher von mir gegebenen Verhältnis der schwächsten Erdkraft zur stärksten, die bisher aufgefunden ist, glaube ich nach den jetzt vorhandenen Materialien wenig ändern zu müssen. Das Verhältnis fällt zwischen 1:2½ und fast 1:3, der letzteren Zahl näher; die Verschiedenheit der Angaben[61] entsteht daraus, daß man bald Minima allein, bald Minima und Maxima zugleich etwas willkürlich verändert. Sabine hat das große Verdienst, zuerst auf die Wichtigkeit des dynamischen Aequators (Kurve der schwächsten Intensität) aufmerksam gemacht zu haben. „Diese Kurve verbindet die Punkte jedes geographischen Meridians, in denen die Erdkraft am geringsten ist. Sie läuft in vielfachen Undulationen um den Erdkreis, zu beiden Seiten derselben nimmt die Erdkraft gegen die höheren Breiten jeglicher Hemisphäre zu. Sie bezeichnet dergestalt die Grenze zwischen den beiden magnetischen Halbkugeln auf eine noch entschiedenere Weise als der magnetische Aequator, auf welchem die Richtung der Magnetkraft senkrecht auf der Richtung der Schwerkraft steht.

Für die Theorie des Magnetismus ist alles, was sich unmittelbar auf die Kraft bezieht, von noch größerer Wichtigkeit, als was sich auf die Richtung der Nadel, auf ihre horizontale oder senkrechte Stellung, bezieht. Die Krümmungen des dynamischen Aequators sind mannigfach, da sie von Kräften abhängen, welche vier Punkte (Foci) der größten Erdkraft, unsymmetrisch und unter sich wieder an Stärke verschieden, hervorbringen. Merkwürdig in diesen Inflexionen ist besonders die große Konvexität gegen den Südpol im Atlantischen Ozean, zwischen den Küsten von Brasilien und dem Vorgebirge der guten Hoffnung."

Nimmt die Intensität der Erdkraft in uns erreichbaren Höhen bemerkbar ab? im Inneren der Erde bemerkbar zu? Das Problem, welches diese Fragen zur Lösung vorlegt, ist für Beobachtungen, die in oder auf der Erde gemacht werden, überaus kompliziert, weil, um die Wirkung beträchtlicher Höhen auf Gebirgsreisen miteinander zu vergleichen, wegen der großen Masse der Berge die oberen und unteren Stationen selten einander nahe genug liegen, weil die Natur des Gesteins und die gangartig einbrechenden, nicht sichtbaren Mineralien, ja die nicht genugsam bekannten stündlichen und zufälligen Veränderungen der Intensität bei nicht ganz gleichzeitigen Beobachtungen die Resultate modifizieren. Es wird so oft der Höhe (oder Tiefe) allein zugeschrieben, was beiden keineswegs angehört. Zahlreiche Bergwerke, welche ich in Europa, in Peru, Mexiko und Sibirien zu sehr beträchtlichen Tiefen besucht, haben mir nie Lokalitäten geboten, die irgend ein Vertrauen[62] einflößen konnten. Dazu sollte man bei Angabe der Tiefen die perpendikularen Unterschiede + und —, vom Meerhorizonte an gerechnet (der eigentlichen mittleren Oberfläche des Erdsphäroids), nicht außer acht lassen. Die Grubenbaue zu Joachimsthal in Böhmen haben fast 2000 Fuß (650 m) absoluter Tiefe erreicht und gelangen doch nur zu einer Gesteinschicht, die drittehalbhundert Fuß (81 m) über dem Meeresspiegel liegt. Ganz andere und günstigere Verhältnisse bieten die Luftfahrten dar. Gay-Lussac hat sich bis zu 21600 Fuß (7016 m) Höhe über Paris erhoben, also ist die größte relative Tiefe, welche man in Europa mit Bohrlöchern erreicht hat, kaum $^1/_{11}$ jener Höhe. Meine eigenen Gebirgsbeobachtungen zwischen den Jahren 1799 und 1806 haben mir die Abnahme der Erdkraft mit der Höhe im ganzen wahrscheinlich gemacht, wenngleich (aus den oben an-

geführten Störungsursachen) mehrere Resultate dieser vermuteten Abnahme widersprechen. Ich habe Einzelheiten aus meinen 125 Intensitätsmessungen in der Andeskette, den Schweizer Alpen, Italien und Deutschland ausgewählt und in einer Note[63] zusammengestellt. Die Beobachtungen gehen von der Meeresfläche bis zu einer Höhe von 14 960 Fuß (4860 m), bis zur Grenze des ewigen Schnees, aber die größten Höhen haben mir nicht die sichersten Resultate gegeben. Am befriedigendsten sind gewesen der steile Abfall der Silla de Caracas, 8105 Fuß (2632 m), nach der ganz nahen Küste von la Guayra, das gleichsam über der Stadt Bogota schwebende Santuario de N$^{\underline{tra}}$ S$^{\underline{ra}}$ de Guadalupe, auf einem Absatz gegründet an steiler Felswand von Kalkstein, mit einem Höhenunterschied von fast 2000 Fuß (650 m), der Vulkan von Puracé, 8200 Fuß (2663 m) hoch über der Plaza mayor der Stadt Popayan. Kupffer im Kaukasus,[64] Forbes in vielen Teilen von Europa, Laugier und Mauvais auf dem Canigou, Bravais und Martins auf dem Faulhorn und bei ihrem kühnen Aufenthalte ganz nahe dem Gipfel des Montblanc haben allerdings die mit der Höhe abnehmende Intensität des Magnetismus bemerkt, ja die Abnahme schien nach der allgemeinen Diskussion von Bravais sogar schneller in den Pyrenäen als in der Alpenkette.[65]

Quetelets ganz entgegengesetzte Resultate auf einer Reise von Genf nach dem Col de Balme und dem Großen Bernhard machen, zu einer endlichen und entscheidenden Beantwortung einer so wichtigen Frage, es doppelt wünschenswert, daß man sich von der Erdoberfläche gänzlich entferne, und von dem einzigen sicheren, schon im Jahre 1804 von Gay-Lussac erst gemeinschaftlich mit Biot (24. August) und dann allein (16. September) angewandten Mittel des Aerostats, in einer Reihe aufeinander folgender Versuche, Gebrauch mache. Oszillationen, in Höhen von mehr als 18 000 Fuß (5850 m) gemessen, können uns jedoch über die in der freien Atmosphäre fortgepflanzte Erdkraft nur dann mit Sicherheit belehren, wenn vor und nach der Luftfahrt die Temperaturkorrektion in den angewandten Nadeln auf das genaueste ermittelt wird. Die Vernachlässigung einer solchen Korrektion hatte aus den Versuchen Gay-Lussacs das irrige Resultat ziehen lassen, daß die Erdkraft bis 21 600 Fuß (7016 m) Höhe dieselbe bliebe, während umgekehrt der Versuch eine Abnahme der Kraft erwies, wegen Verkürzung der oszillierenden Nadel in der oberen

kalten Region. Auch ist Faradays glänzende Entdeckung der paramagnetischen Kraft des Oxygens bei dem Gegenstande, welcher uns hier beschäftigt, keineswegs außer acht zu lassen. Der große Physiker macht selbst darauf aufmerksam, daß in den hohen Schichten der Atmosphäre die Abnahme der Intensität gar nicht bloß in der Entfernung von der Urquelle der Kraft (dem festen Erdkörper) zu suchen sei, sondern daß sie ebenso gut von dem so überaus verdünnten Zustande der Luft herrühren könne, da die Quantität des Oxygens in einem Kubikfuß atmosphärischer Luft oben und unten verschieden sei. Mir scheint es indes, daß man zu nicht mehr berechtigt sei als zu der Annahme, daß die mit der Höhe und Luftverdünnung abnehmende paramagnetische Eigenschaft des sauerstoffhaltigen Teils der Atmospäre für eine mitwirkend modifizierende Ursache angesehen werden müsse. Veränderungen der Temperatur und der Dichtigkeit durch aufsteigende Luftströme verändern dann wiederum selbst das Maß dieser Mitwirkung. Solche Störungen nehmen einen variablen und recht eigentlich lokalen Charakter an, wirken im Luftkreise wie die Gebirgsarten auf der Oberfläche der Erde. Mit jedem Fortschritt, dessen wir uns in der Analyse der gasartigen Umhüllung unseres Planeten und ihrer physischen Eigenschaften zu erfreuen haben, lernen wir gleichzeitig neue Gefahren in dem wechselnden Zusammenwirken der Kräfte kennen, Gefahren, die zu größerer Vorsicht in den Schlußfolgen mahnen.

Die Intensität der Erdkraft, an bestimmten Punkten der Oberfläche unseres Planeten gemessen, hat, wie alle Erscheinungen des tellurischen Magnetismus, ihre stündlichen und auch ihre sekularen Variationen. Die ersteren wurden auf Parrys dritter Reise von diesem verdienstvollen Seefahrer und vom Lieutenant Foster (1825) in Port Bowen deutlich erkannt. Die Zunahme der Intensität vom Morgen zum Abend ist in den mittleren Breiten ein Gegenstand der sorgfältigsten Untersuchungen gewesen von Christie, Arago, Hansteen, Gauß und Kupffer. Da horizontale Schwingungen trotz der jetzigen großen Vollkommenheit der Neigungsnadeln den Schwingungen dieser vorzuziehen sind, so ist die stündliche Variation der totalen Intensität nicht ohne die genaueste Kenntnis von der stündlichen Variation der Neigung zu erhalten. Die Errichtung von magnetischen Stationen in der nördlichen und südlichen Hemisphäre hat den großen Vorteil gewährt, die aller-

zahlreichsten und zugleich auch die allersichersten Resultate zu liefern. Es genügt hier, zwei Erdpunkte auszuwählen, die, beide außerhalb der Tropen, diesseits und jenseits des Aequators fast in gleicher Breite liegen: Toronto in Kanada + 43° 39′, Hobarton auf Vandiemen — 42° 53′, bei einem Längenunterschiede von ungefähr 15 Stunden. Die gleichzeitigen stündlichen Beobachtungen des Magnetismus gehören in einer Station den Wintermonaten an, wenn sie in der anderen in die Sommermonate fallen. Was in der einen am Tage gemessen wird, gehört in der anderen meist der Nacht zu. Die Abweichung ist in Toronto westlich 1° 33′, in Hobarton östlich 9° 57′; Inklination und Intensität sind einander ähnlich, erstere in Toronto gegen Norden (75° 15′), in Hobarton gegen Süden (70° 34′) geneigt, letztere (die ganze Erdkraft) ist in Toronto in absoluter Skale 13,90, in Hobarton 13,56. Unter diesen zwei so wohl ausgewählten Stationen zeigt, nach Sabines Untersuchung, die in Kanada für die Intensität vier, die auf Vandiemen zwei Wendepunkte. In Toronto hat nämlich die Variation der Intensität ein Hauptmaximum um 6 Uhr und ein Hauptminimum um 14 Uhr, ein schwächeres sekundäres Maximum um 20 Uhr, ein schwächeres sekundäres Minimum um 22 Uhr. Dagegen befolgt der Gang der Intensität in Hobarton die einfache Progression von einem Maximum zwischen 5 und 6 Uhr zu einem Minimum zwischen 20 und 21 Uhr, wenngleich die Inklination dort wie in Toronto ebenfalls vier Wendepunkte hat.[66] Durch die Vergleichung der Inklinationsvariationen mit denen der horizontalen Kraft ist ergründet worden, daß in Kanada in den Wintermonaten, wenn die Sonne in den südlichen Zeichen steht, die ganze Erdkraft stärker ist als in den Sommermonaten derselben Hemisphäre; ebenso ist auf Vandiemensland die Intensität (d. h. die ganze Erdkraft) stärker als der mittlere Jahreswert vom Oktober bis Februar im Sommer der südlichen Hemisphäre, schwächer vom April zum August. Nicht Unterschiede der Temperatur, sondern der geringere Abstand des magnetischen Sonnenkörpers von der Erde bewirken nach Sabine[67] diese Verstärkung des tellurischen Magnetismus. In Hobarton ist die Intensität im dortigen Sommer in absoluter Skale 13,574, im dortigen Winter 13,543. Die säkulare Veränderung der Intensität ist bis jetzt nur auf eine kleine Zahl von Beobachtungen gegründet. In Toronto

scheint sie von 1845 bis 1849 einige Abnahme erlitten zu haben. Die Vergleichung meiner Beobachtungen mit denen von Rudberg in den Jahren 1806 und 1832 gibt für Berlin dasselbe Resultat.

Inklination.

Die Kenntnis der isoklinischen Kurven (Linien gleicher Inklination), wie die der sie bestimmenden schnelleren oder langsameren Zunahme der Inklination von dem magnetischen Aequator an, wo die Inklination = 0 ist, bis zu dem nördlichen und südlichen Magnetpole, wo die horizontale Kraft verschwindet, hat besonders in der neueren Zeit an Wichtigkeit noch dadurch gewonnen, daß das Element der totalen magnetischen Erdkraft aus der mit überwiegender Schärfe zu messenden horizontalen Intensität nicht ohne eine genaue Kunde der Inklination abgeleitet werden kann. Die Kunde von der geographischen Lage des einen und des anderen Magnetpoles verdankt man den Beobachtungen und der wissenschaftlichen Thätigkeit eines und desselben kühnen Seefahrers, Sir James Roß: im Norden während der zweiten Expedition seines Onkels Sir John Roß (1829 bis 1833), im Süden während der von ihm selbst befehligten antarktischen Expedition (1839 bis 1843). Der nördliche Magnetpol (Br. + 70° 5′, Lg. 99° 5′ W.) ist fünf Breitengrade entfernter von dem Rotationspol der Erde als der südliche (Br. — 75° 5′, Lg. 151° 48′ O.); auch hat der südliche Magnetpol 190° mehr westliche Länge vom Meridian von Paris als der nördliche Magnetpol. Letzterer gehört der großen, dem amerikanischen Kontinent sehr genäherten Insel Boothia Felix, einem Teile des vom Kapitän Parry früher North Somerset genannten Landes, an. Es liegt wenig ab von der westlichen Küste von Boothia Felix, unfern des Vorgebirges Adelaide, das in King Williams Sea und Victoria Street vortritt.[68] Den südlichen Magnetpol hat man nicht unmittelbar, wie den nördlichen, erreichen können. Am 17. Februar 1841 war der Erebus bis Br. — 76° 12′ und Lg. 161° 40′ O. gelangt; die Inklination war aber erst 88° 40′, man glaubte sich also noch an 160 englische Seemeilen von dem südlichen Magnetpole entfernt.[69] Viele und genaue Deklinationsbeobachtungen (die Intersektion der magnetischen Meridiane bestimmend) machen es sehr wahrscheinlich, daß der

Südmagnetpol im Inneren des großen antarktischen Polarlandes South Victoria Land gelegen ist, westlich von den Prince Albert Mountains, die sich dem Südpol nähern und an den über 11 600 Fuß (3768 m) hohen, brennenden Vulkan Erebus anschließen.

Der Lage und Gestaltveränderung des magnetischen Aequators, der Linie, auf welcher die Neigung Null ist, wurde schon im Naturgemälde (Kosmos Bd. I, S. 131 bis 132 und 298) ausführlich gedacht. Die früheste Bestimmung des afrikanischen Knotens (der Durchkreuzung des geographischen und magnetischen Aequators) geschah von Sabine in dem Anfang seiner Pendelexpedition 1822; später (1840) hat derselbe Gelehrte, die Beobachtungen von Duperrey, Allen, Dunlop und Sulivan zusammenstellend, eine Karte des magnetischen Aequators, von der afrikanischen Westküste zu Biafra an (Br. + 4°, Lg. 7° 10′ O.), durch das Atlantische Meer und Brasilien (Br. — 16°, zwischen Porto Seguro und Rio Grande) bis zu dem Punkte entworfen, wo ich, der Südsee nahe, auf den Kordilleren die nördliche Neigung habe in eine südliche übergehen sehen. Der afrikanische Knoten, als Durchschnittspunkt beider Aequatoren, lag 1837 in 0° 40′ östlicher Länge, 1825 war er gelegen in 4° 35′ O. Die säkulare Bewegung des Knotens, sich entfernend von der 7000 Fuß (2273 m) hohen basaltischen Insel St. Thomas, war also etwas weniger als ein halber Grad im Jahre gegen Westen, wodurch dann an der afrikanischen Küste die Linie ohne Neigung sich gegen Norden wendete, während sie an der brasilianischen Küste gegen Süden herabsank. Der konvexe Scheitel der magnetischen Aequatorialkurve bleibt gegen den Südpol gerichtet und entfernt sich im Atlantischen Ozean im Maximum 16° vom geographischen Aequator. Im Inneren von Südamerika, in der Terra incognita von Matto Grosso, zwischen den großen Flüssen Xingu, Madera und Ucayale, fehlen alle Inklinationsbeobachtungen bis zu der Andeskette. Auf dieser, 17 geographische Meilen (126 km) östlich von der Küste der Südsee, zwischen Montan, Micuipampa und Caxamarca, habe ich die Lage des gegen NW ansteigenden magnetischen Aequators astronomisch bestimmt[70] (Br. 70° 2′, Lg. 81° 8′ W.).

Die vollständigste Arbeit, welche wir über die Lage des magnetischen Aequators besitzen, ist die von meinem vieljährigen Freunde Duperrey für die Jahre 1823 bis 1825. Er

hat auf seinen Weltumseglungen sechsmal den Aequator durchschnitten und fast in einer Länge von 220° denselben nach eigenen[71] Beobachtungen darstellen können. Die zwei Knoten liegen nach Duperreys Karte des magnetischen Aequators der eine in Lg. 3½ O. (in dem Atlantischen Ozean), der andere in Lg. 175° O. (in der Südsee, zwischen den Meridianen der Viti- und Gilbertinseln). Wenn der magnetische Aequator, wahrscheinlich zwischen Punta de la Aguja und Payta, die Westküste des südamerikanischen Kontinents verlassen hat, so nähert er sich im Westen immer mehr dem geographischen Aequator, so daß er im Meridian der Inselgruppe von Mendaña nur noch 2° von diesem entfernt[72] ist. Auch um 10° westlicher, in dem Meridian, welcher durch den westlichsten Teil der Paumotuinseln (Low Archipelago) geht, in Lg. 151½°, fand Kapitän Wilkes 1840 die Breitenentfernung vom geographischen Aequator ebenfalls noch zwei volle Grade. Die Intersektion (der Knoten in der Südsee) liegt nicht um 180° von dem atlantischen Knoten entfernt, nicht in 176½° westlicher Länge, sondern erst in dem Meridian der Vitigruppe, ungefähr in Lg. 175° O., d. i. 185° W. Wenn man also von der Westküste Afrikas durch Südamerika gegen Westen fortschreitet, so findet man in dieser Richtung die Entfernung der Knoten voneinander um 8½° zu groß — ein Beweis, daß die Kurve, mit der wir uns hier beschäftigen, kein größter Kreis ist.

Nach den vortrefflichen und vielumfassenden Bestimmungen des Kapitän Elliot (1846 bis 1849), welche zwischen den Meridianen von Batavia und Ceylon mit denen von Jules de Blosseville (Kosmos Bd. IV, S. 48) merkwürdig übereinstimmen, geht der magnetische Aequator durch die Nordspitze von Borneo und fast genau von Osten nach Westen in die Nordspitze von Ceylon (Br. + 9¾°). Die Kurve vom Minimum der Totalkraft läuft diesem Teile des magnetischen Aequators fast parallel. Letzterer tritt in den ostafrikanischen Kontinent südlich vom Vorgebirge Guardafui ein. Dieser wichtige Punkt des Eintretens ist durch Rochet d'Héricourt auf seiner zweiten abessinischen Expedition (1842 bis 1845) und durch die scharfsinnige Diskussion der magnetischen Beobachtungen dieses Reisenden mit besonderer Genauigkeit bestimmt worden. Er liegt südlich von Gaubade, zwischen Angolola und Ankobar, der Hauptstadt des Königreichs Schoa, in Br. + 10° 7′ und Lg. 38° 51′ O. Der Verlauf des magne-

tischen Aequators im Inneren von Afrika, von Ankobar bis zum Busen von Biafra, ist ebenso unerforscht als der im Inneren von Südamerika östlich von der Andeskette und südlich von dem geographischen Aequator. Beide Kontinentalräume sind sich von O nach W ungefähr an Größe gleich, zusammen von 80 Längengraden, so daß fast $^1/_4$ des Erdkreises aller magnetischen Beobachtung bis jetzt entzogen ist. Meine eigenen Inklinations- und Intensitätsbeobachtungen im ganzen Inneren von Südamerika (von Cumana bis zum Rio Negro, wie von Cartagena de Indias bis Quito) haben nur die tropische Zone nördlich vom geographischen Aequator, und von Quito an bis Lima in der südlichen Hemisphäre nur die dem westlichen Litorale nahe Gegend umfaßt.

Die Translation des afrikanischen Knotens gegen Westen von 1825 bis 1837, die wir schon oben bezeichnet haben, wird bekräftigt an der Ostküste von Afrika durch Vergleichung der Inklinationsbeobachtungen von Panton im Jahr 1776 mit denen von Rochet d'Héricourt. Dieser fand den magnetischen Aequator viel näher der Meerenge von Bab-el-Mandeb, nämlich 1° südlich von der Insel Socotora, in 8° 40′ nördl. Breite. Es war also in der Breite allein eine Veränderung von 1° 27′ für 49 Jahre; dagegen war die Veränderung in der Länge von Arago und Duperrey in derselben Zeit als Bewegung der Knoten von Osten gegen Westen auf 10° angeschlagen worden. Die Säkularvariation der Knoten des magnetischen Aequators ist an der östlichen Küste von Afrika gegen das Indische Meer hin der Richtung nach ganz wie an der westlichen gewesen. Die Quantität der Bewegung erheischt noch genauere Resultate.

Die Periodizität der Veränderungen in der magnetischen Inklination, deren Existenz schon früher bemerkt worden war, ist mit Bestimmtheit und in ihrem ganzen Umfange erst seit ungefähr zwölf Jahren, seit Errichtung der britischen magnetischen Stationen in beiden Hemisphären, festgestellt worden. Arago, dem die Lehre vom Magnetismus so viel verdankt, hatte allerdings schon im Herbste 1827 erkannt, „daß die Neigung größer ist morgens um 9 Uhr als den Abend um 6 Uhr, während die Intensität der Magnetkraft, gemessen durch die Schwingungen einer horizontalen Nadel, ihr Minimum in der ersten und ihr Maximum in der zweiten Epoche erreicht.“[73] In den britischen magnetischen Stationen sind dieser Gegensatz und der

periodische Gang der stündlichen Neigungsveränderung durch mehrere tausend regelmäßig fortgeführte Beobachtungen und ihre mühevolle Diskussion seit 1840 fest begründet worden. Es ist hier der Ort, die erhaltenen Thatsachen, Fundamente einer allgemeinen Theorie des Erdmagnetismus, nebeneinander zu stellen. Vorher muß aber bemerkt werden, daß, wenn man die räumlich zu erkennenden periodischen Schwankungen der drei Elemente des tellurischen Magnetismus im ganzen betrachtet, man mit Sabine in den Wendestunden, in denen die Maxima oder Minima eintreten (turning hours), zu unterscheiden hat zwischen zwei größeren und darum wichtigen Extremen und anderen, gleichsam dazwischen eingeschalteten, meistenteils nicht minder regelmäßigen, kleinen Schwankungen. Die wiederkehrenden Bewegungen der Inklinations- und Deklinationsnadel, wie die Veränderung in der Intensität der Totalkraft bieten daher dar: Haupt- und sekundäre Maxima oder Minima, meist beide Arten zugleich, also eine doppelte Progression mit 4 Wendestunden (der gewöhnliche Fall), und eine einfache Progression mit 2 Wendestunden, d. h. mit einem einzigen Maximum und einem einzigen Minimum. Letzteres z. B. ist der Gang der Intensität (total force) in Vandiemensland, neben einer doppelten Progression der Inklination, während an einem Orte der nördlichen Hemisphäre, welcher der Lage von Hobarton genau entspricht, zu Toronto in Kanada, beide Elemente, Intensität und Inklination, eine doppelte Progression befolgen. Auch am Vorgebirge der guten Hoffnung gibt es nur ein Maximum und ein Minimum der Inklination. Die stündlichen periodischen Variationen der magnetischen Neigung sind:

I. Nördliche Hemisphäre.

Greenwich: Max. 21 u, Min. 3 u (Airy, Observ. in 1845 p. 21, in 1846 p. 113, in 1847 p. 247); Inkl. im zuletzt genannten Jahre um 21 u im Mittel 68° 59,3′, um 3 aber 68° 58,6′. In der monatlichen Variation fällt das Maximum in April bis Juni, das Minimum in Oktober bis Dezember.

Paris: Max. 21 u, Min. 6 u. Die Einfachheit der Progression von Paris und Greenwich wiederholt sich am Vorgebirge der guten Hoffnung.

Petersburg: Max. 20 u, Min. 10 u; Variation der Inklination wie in Paris, Greenwich und Peking; in kalten Monaten geringer; Maximum fester an die Stunde gebunden als Minimum.

Toronto (Kanada): Hauptmax. 22 u, Hauptmin. 4 u; sekund. Max. 10 u, sekund. Min. 18 u (Sabine, Tor. 1841—1842, Vol. I, p. LXI).

II. Südliche Hemisphäre.

Hobarton (Insel Vandiemen): Hauptmin. 18 u, Hauptmax. 23½ u; sekund. Min. 5 u, sekund. Max. 10 u (Sabine, Hob. Vol. I, p. LXVII). Die Inklination ist größer im Sommer, wenn die Sonne in den südlichen Zeichen steht: 70° 36,74′; kleiner im Winter, wenn die Sonne in den nördlichen Zeichen verweilt: 70° 34,66′; sechsjähriges Mittel des ganzen Jahres: 70° 36,01 (Sabine, Hob. Vol. II, p. XLIV). Ebenso ist zu Hobarton die Intensität der Totalkraft größer von Oktober zu Februar, als von April zu August (p. XLVI).

Vorgebirge der guten Hoffnung: einfache Progression Min. 0 u 34′, (Max. 8 u 34′; mit überaus kleiner Zwischenschwankung zwischen 19 u und 21 u (Sabine, Cape obs. 1841—1850. p. LIII).

Die hier angegebenen Erscheinungen der Wechselstunden des Maximums der Inklinationen, in der Zeit des Ortes ausgedrückt, stimmen unter sich in der nördlichen Hemisphäre zu Toronto, Paris, Greenwich und Petersburg merkwürdig zwischen 20 und 22 Uhr (morgens) überein; auch die Minima der Wechselstunden fallen, wenngleich minder genähert (4, 6 und 10 Uhr) doch alle auf den Nachmittag oder Abend. Um so auffallender ist es, daß in den 5 Jahren sehr genauer Beobachtungen von Greenwich ein Jahr (1845) die Epochen der Maxima und Minima entgegengesetzt eintraten. Das Jahresmittel der Neigung war um 21 u: 68° 56,8′ und um 3 u: 68° 58,1′.

Wenn man die der geographischen Lage nach diesseits und jenseits des Aequators sich entsprechenden Stationen Toronto und Hobarton vergleicht, so bemerkt man für Hobarton große Verschiedenheit in der Wendestunde des Hauptminimums der Inklination (4 Uhr nachmittags und 6 Uhr morgens), aber keineswegs in der Wendestunde des Hauptmaximums (22 u und 23½ u). Auch die Stunde (18 u) des Hauptminimums von Hobarton findet sich wieder in der Stunde des sekundären Minimums von Toronto. Die Maxima bleiben an beiden Orten an dieselben Stunden (22 u bis 23½ u und 10 u) in Haupt- und sekundären Maxima gebunden. Die vier Wendestunden der Inklination finden sich demnach fast genau wieder (4 oder 5, 10, 18 und 22 oder 23½) in Toronto

wie in Hobarton, nur in anderer Bedeutung. Die komplizierte Wirkung innerer tellurischer Kräfte ist sehr beachtenswert. Vergleicht man dagegen Hobarton und Toronto in Hinsicht auf die Folge der Wendestunden der Intensitäts- und Inklinationsveränderungen, so ergibt sich, daß an ersterem Orte, in der südlichen Hemisphäre, das Minimum der Totalintensität dem Hauptminimum der Inklination nur um 2 Stunden nachfolgt, während die Verspätung im Maximum 6 Stunden beträgt, daß aber in der nördlichen Hemisphäre, zu Toronto, das Minimum der Intensität dem Hauptmaximum der Inklination um 8 Stunden vorausgeht, während das Maximum der Intensität nur um 2 Stunden von dem Minimum der Inklination verschieden ist.[74]

Die Periodizität der Inklination am Vorgebirge der guten Hoffnung stimmt weder mit Hobarton, das in derselben Hemisphäre liegt, noch mit einem Punkte der nördlichen Hemisphäre überein. Das Minimum der Inklination tritt sogar zu einer Stunde ein, in welcher die Nadel in Hobarton fast das Maximum erreicht.

Zur Bestimmung der säkularen Variation der Inklination gehört eine sich gleichbleibende Genauigkeit der Beobachtung in einer langen Zwischenzeit. Bis zu Cooks Weltumseglung ist z. B. nicht mit Gewißheit hinaufzusteigen, da, wenngleich auf der dritten Reise die Pole immer umgekehrt wurden, zwischen dem großen Seefahrer und Bayley in der Südsee oft Unterschiede von 40 bis 54 Minuten bemerkt werden, was wahrscheinlich der damals so unvollkommenen Konstruktion der Nadel und dem Mangel ihrer freien Bewegung zuzuschreiben ist. Für London geht man ungern über Sabines Beobachtung vom August 1821 hinaus, die, verglichen mit der vortrefflichen Bestimmung von James Roß, Sabine und Fox im Mai 1838, eine jährliche Abnahme von 2,73′ ergab, während Lloyd mit ebenso genauen Instrumenten, aber in kürzerer Zwischenzeit sehr übereinstimmend 2,38′ in Dublin gefunden hatte. In Paris, wo ebenfalls die jährliche Verminderung der Inklination sich im Abnehmen befindet, ist die Verminderung größer als in London. Die von Coulomb angegebenen, sehr scharfsinnigen Methoden, die Neigung zu bestimmen, hatten dort freilich den Erfinder zu irrigen Resultaten geführt. Die erste Beobachtung, welche mit einem vollkommenen Instrumente von le Noir auf dem Observatorium zu Paris angestellt wurde, ist von 1798. Ich fand damals

nach mehrmaliger Wiederholung gemeinschaftlich mit dem Chevalier Borda 69° 51,0′, im Jahr 1810 mit Arago 68° 50,2′, im Jahre 1826 mit Mathieu 67° 56,7′. Im Jahre 1841 fand Arago 67° 9,0′, im Jahre 1851 fanden Laugier und Mauvais 60° 35′, immer nach gleicher Methode mit den gleichen Instrumenten. Die ganze Periode, größer als ein halbes Jahrhundert (1798 bis 1851), gibt eine mittlere jährliche Verminderung der Inklination zu Paris von 3,69′. Die Zwischenepochen sind gewesen:

von 1798	bis	1810	zu	5,08′
„ 1810	„	1826	„	3,37′
„ 1826	„	1841	„	3,13′
„ 1841	„	1851	„	3,40′.

Die Abnahme hat sich zwischen 1810 und 1826 auffallend verlangsamt, doch nur allmählich, denn eine Beobachtung von Gay-Lussac, die er 1806 bei seiner Rückreise von Berlin, wohin er mich nach unserer italienischen Reise begleitet hatte, mit vieler Genauigkeit anstellte (69° 12′), gab noch seit 1798 eine jährliche Verminderung von 4,87′. Je näher der Knoten des magnetischen Aequators in seiner säkularen Bewegung von O nach W dem Meridian von Paris kommt, desto mehr scheint sich die Abnahme zu verlangsamen: in einem halben Jahrhundert von 5,08′ bis 3,40′. Ich habe kurz vor meiner sibirischen Expedition (April 1829) in einer der Berliner Akademie vorgelegten Abhandlung vergleichend die Punkte zusammengestellt, an denen ich selbst, wie ich glauben darf, immer mit gleicher Sorgfalt, beobachtet habe. Sabine hat volle 25 Jahre nach mir Inklination und Intensität in der Havana gemessen, was für diese Tropengegend schon eine beträchtliche Zwischenzeit darbietet und die Variation von zwei wichtigen Elementen bestimmt. In einer ausgezeichneten, mehr umfassenden Arbeit als die meinige hat Hansteen (1831) die jährliche Variation der Neigung in beiden Hemisphären[75] untersucht.

Während die Beobachtungen von Sir Edward Belcher im Jahr 1838, mit den meinigen vom Jahr 1803 verglichen (s. oben S. 54), längs der Westküste von Amerika zwischen Lima, Guayaquil und Acapulco beträchtliche Veränderungen der Inklination andeuten (je länger die Zwischenzeit ist, desto größeren Wert haben die Resultate), ist an anderen Punkten der Südsee die säkulare Veränderung der Neigung von der

auffallendsten Langsamkeit gewesen. In Tahiti fand 1773 Bayley 29° 43′, Fitzroy 1835 noch 30° 14′, Kap. Belcher 1840 wieder 30° 17′; also war in 67 Jahren die mittlere jährliche Veränderung kaum 0,51′. Auch im nördlichen Asien hat ein sehr sorgfältiger Beobachter, Herr Saweliew (22 Jahre nach meinem Aufenthalte in jenen Gegenden) auf einer Reise, die er von Kasan nach den Ufern des Kaspischen Meeres machte, die Inklination, nördlich und südlich vom Parallel von 50°, sehr ungleich verändert gefunden:

	Humboldt 1829	Saweliew 1851
Kasan . . .	68° 26,7 . . .	68° 30,8′
Saratow . .	64 40,9 . . .	64 48,7
Sarepta . .	62 15,9 . . .	62 39,6
Astrachan . .	59 58,3 . . .	60 27,9

Für das Vorgebirge der guten Hoffnung besitzt man jetzt eine lange und, wenn man nicht weiter als von Sir James Roß und du Petit Thouars (1840) bis Vancouver (1791) aufsteigt, eine sehr befriedigende, fast 50jährige Reihe von Inklinationsbeobachtungen.[76]

Die Lösung der Frage, ob die Erhöhung des Bodens als solche einen mit Sicherheit bemerkbaren Einfluß auf magnetische Neigung und Intensität ausübt, ist während meiner Gebirgsreisen in der Andeskette, im Ural und Altai für mich ein Gegenstand sorgfältiger Prüfung gewesen. Ich habe schon in dem Abschnitt von der Intensität bemerkt, wie leider nur so wenige Lokalitäten über diese Frage einige Gewißheit verbreiten können, weil die Entfernung der zu vergleichenden Punkte voneinander gering genug sein muß, um den Verdacht zu entfernen, der gefundene Unterschied der Inklination sei nicht Folge der Bodenerhebung, sondern Folge der Krümmung in den isodynamischen und isoklinischen Kurven, oder einer großen Heterogeneität der Gebirgsart. Ich werde mich auf die Angabe von 4 Hauptresultaten beschränken, von denen ich bereits an Ort und Stelle glaubte, daß sie mit mehr Entschiedenheit, als die Intensitätsbeobachtungen darbieten, den vermindernden Einfluß der Höhe des Standorts auf die Neigung der Nadel kenntlich machen:

Die Silla de Caracas, welche sich über die Meeresküste von la Guayra 8100 Fuß (2631 m) fast senkrecht erhebt, in großer Nähe südlich von der Küste, nördlich von der Stadt Caracas:

Inkl. 41,90°; la Guayra: Höhe 10 Fuß (3,25 m), Inkl. 42,20°; Stadt Caracas: Höhe am Ufer des Rio Guayre 2484 Fuß (807 m), Inkl. 42,95°. (Humboldt, Voy. aux Rég. équinox. T. I, p. 612.)

Santa Fé de Bogota: Höhe 8196 Fuß (2662 m), Inkl. 27,15°; Kapelle de Nuestra Señora de Guadalupe, über der Stadt, an einer Felswand hangend: Höhe 10128 Fuß (3290 m), Inkl. 26,80°.

Popayan: Höhe 5466 Fuß (1775 m), Inkl. 23,25°; Gebirgsdorf Puracé am Abhange des Vulkans: Höhe 8136 Fuß (2643 m), Inkl. 21,80°; Gipfel des Vulkans von Puracé: Höhe 13650 Fuß (4434 m), Inkl. 20,30°.

Quito: Höhe 8952 Fuß (2908 m), Inkl. 14,85°; San Antonio de Lulumbamba, wo der geographische Aequator das heiße Thal durchschneidet: Höhe des Thalbodens 7650 Fuß (2485 m), Inkl. 16,02°. — Alle vorgenannten Inklinationen sind in Centesimalgraden angegeben.

Ich möchte aus meinen Beobachtungen nicht auch das Gotthardhospiz (6650 Fuß = 2160 m), Inklination 66° 12′, verglichen mit Airolo (3502 Fuß = 1138 m), Inklination 66° 54′, und Altdorf, Inklination 66° 55′, anführen; nicht die scheinbar widersprechenden, Lans le Bourg, Inklination 66° 9′, das Hospiz des Mont Cenis (6358 Fuß = 2065 m), Inklination 66° 22′, und Turin (707 Fuß = 230 m), Inklination 66° 3′, oder Neapel, Portici und den Kraterrand des Vesuvs, oder in Böhmen den Gipfel des Großen Milischauer (Phonolith!), Inklination 67° 53′ 5″, Teplitz, Inklination 67° 19,5′, und Prag, Inklination 66° 47,6′, wegen der Größe der relativen Entfernungen und des Einflusses der nahen Gebirgsarten.[77] Gleichzeitig mit der Reihe vortrefflicher und im größten Detail publizierter Beobachtungen der horizontalen Intensität, welche 1844 Bravais in Begleitung von Martins und Lepileur vergleichend auf 35 Stationen, unter denen die Gipfel des Montblanc (14809 Fuß = 4810 m), des Großen Bernhard (7848 Fuß = 2550 m) und des Faulhorns (8175 Fuß = 2655 m) waren, angestellt hat, machten dieselben Physiker auch auf dem Grand Plateau des Montblanc (12097 Fuß = 3830 m) und in Chamounix (3201 Fuß = 1040 m) Inklinationsversuche. Wenn die Vergleichung dieser Resultate einen vermindernden Einfluß der Erhebung des Bodens auf die magnetische Neigung anzeigte, so gaben Beobachtungen vom Faulhorn und von Brienz (1754 Fuß = 570 m) dagegen eine mit der Höhe (zu-

nehmende Inklination. Beide Klassen der Untersuchung, für horizontale Intensität und Inklination, führten zu keiner befriedigenden Lösung der Probleme. (Bravais, Sur l'intensité du Magnétisme terrestre en France, en Suisse et en Savoie in den Annales de Chimie et de Physique, 3ème Série, T. 18, 1846, p. 225.) In einem Manuskript von Borda über seine Expedition nach den Kanarischen Inseln im Jahr 1776, welches in Paris im Dépôt de la Marine aufbewahrt wird und dessen Mitteilung ich dem Admiral Rosily verdankte, habe ich den Beweis aufgefunden, daß Borda den ersten Versuch gemacht hat, den Einfluß einer großen Höhe auf die Inklination zu untersuchen. Er hat auf dem Gipfel des Piks von Tenerifa die Inklination um 1° 15′ größer als im Hafen von Santa Cruz gefunden: gewiß eine Folge lokaler Attraktionen der Laven, wie ich sie oft am Vesuv und an amerikanischen Vulkanen beobachtet habe. (Humboldt, Voyage aux Régions équinoxiales T. I, p. 116, 277 und 288).

Um zu prüfen, ob wohl, wie die Höhen, so auch die tiefen, inneren Räume des Erdkörpers auf die Inklination wirken, habe ich bei einem Aufenthalte in Freiberg im Juli 1828 mit aller Sorgfalt, deren ich fähig bin, und mit jedesmaliger Umkehrung der Pole einen Versuch in einem Bergwerke angestellt, in welchem nach genauer Prüfung das Gestein, der Gneis, keine Wirkung auf die Magnetnadel äußerte. Die Seigerteufe unter der Oberfläche war 802 Fuß, und der Unterschied zwischen der unterirdischen Inklination und der an einem Punkte, welcher genau „am Tage" darüber lag, freilich nur 2,06′; aber bei der Umsicht, mit der ich verfuhr, lassen mich die in der Note [78] angeführten Resultate jeder einzelnen Nadel doch glauben, daß in der Grube (dem Kurprinz) die Inklination größer ist, als auf der Oberfläche des Gebirges. Möchte sich doch Gelegenheit finden, da, wo man die Ueberzeugung erhalten kann, daß das Quergestein örtlich unwirksam ist, meinen Versuch mit Sorgfalt in Bergwerken zu wiederholen, welche, wie die Valenciana bei Guanaxuato (Mexiko) 1582 Fuß (= 514 m), wie englische Kohlengruben über 180° Fuß und der jetzt verschüttete Eselsschacht bei Kuttenberg in Böhmen 3545 Fuß (= 1152 m) senkrechte Tiefe haben!

Nach einem starken Erdbeben in Cumana am 4. November 1799 fand ich die Inklination um 90 Centesimal-

minuten (fast einen vollen Grad) verringert. Die Umstände, unter denen ich dieses Resultat erhielt und die ich an einem anderen Orte genau entwickelt habe, bieten keinen befriedigenden Grund zu der Annahme eines Irrtums dar. Kurz nach meiner Landung in Cumana hatte ich die Inklination 43,53° (Centesimal) gefunden. Der Zufall, wenige Tage vor dem Erdbeben in einem sonst schätzbaren spanischen Werke, Mendozas Tratado de Navegacion T. II, p. 72, die irrige Meinung ausgesprochen zu finden, daß die stündlichen und monatlichen Veränderungen der Inklination stärker als die der Abweichung wären, hatte mich veranlaßt, eine lange Reihe sorgfältiger Beobachtungen im Hafen von Cumana anzustellen. Die Inklination fand sich am 1. bis 2. November in großer Stetigkeit im Mittel 43,65°. Das Instrument blieb unberührt und gehörig nivelliert an demselben Orte stehen. Am 7. November, also drei Tage nach den starken Erdstößen, nachdem das Instrument von neuem nivelliert war, gab es 42,75°. Die Intensität der Kraft, durch senkrechte Schwingungen gemessen, war nicht verändert. Ich hoffte, daß die Inklination vielleicht allmählich wieder zu ihrem vorigen Stande zurückkehren würde; sie blieb aber dieselbe. Im September 1800, nach einer Fluß- und Landreise am Orinoko und Rio Negro von mehr als 500 geographischen Meilen (= 3700 km), gab dasselbe Instrument von Borda, welches mich überall begleitet hatte, 42,80°, also dieselbe Neigung als vor der Reise. Da mechanische Erschütterungen und elektrische Schläge in weichem Eisen durch Veränderung des Molekularzustandes Pole erregen, so könnte man einen Zusammenhang ahnen zwischen den Einflüssen der Richtung magnetischer Strömungen und der Richtung der Erdstöße; aber, sehr aufmerksam auf eine Erscheinung, an deren objektiver Wirklichkeit ich 1799 keinen Grund hatte zu zweifeln, habe ich dennoch bei der übergroßen Zahl von Erdstößen, die ich später in Südamerika drei Jahre lang empfunden, nie wieder eine plötzliche Veränderung der Inklination wahrgenommen, welche ich diesen Erdstößen hätte zuschreiben können, so verschieden auch die Richtungen waren, nach denen die Wellenbewegung der Erdschichten sich fortpflanzte. Ein sehr genauer und erfahrener Beobachter, Erman, fand nach einem Erdbeben am Baikalsee (8. März 1828) ebenfalls keine Störung in der Abweichung und dem Gange ihrer periodischen Variation.

Deklination.

Die geschichtlichen Thatsachen des allerfrühesten Erkennens von Erscheinungen, welche sich auf das dritte Element des tellurischen Magnetismus, auf die Deklination, beziehen, sind bereits oben berührt worden. Die Chinesen kannten im 12. Jahrhundert unserer Zeitrechnung nicht bloß die Abweichung einer, an einem Baumwollenfaden hängenden, horizontalen Magnetnadel vom geographischen Meridian; sie wußten auch die Quantität dieser Abweichung zu bestimmen. Seitdem durch den Verkehr der Chinesen mit den Malaien und Indern, und dieser mit den Arabern und maurischen Piloten der Gebrauch des Seekompasses unter den Genuesern, Majorkanern und Katalanen in dem Becken des Mittelmeeres, an der Westküste von Afrika und im hohen Norden gemein geworden war, erschienen schon 1436 auf Seekarten Angaben der Variation für verschiedene Teile der Meere.[79] Die geographische Lage einer Linie ohne Abweichung, auf der die Nadel nach dem wahren Norden, nach dem Rotationspole gerichtet war, bestimmte Kolumbus am 13. September 1492; ja es entging ihm nicht, daß die Kenntnis der Deklination zur Bestimmung der geographischen Länge dienen könne. Ich habe an einem anderen Orte aus dem Schiffsjournal des Admirals erwiesen, wie derselbe auf der zweiten Reise (April 1496), als er seiner Schiffsrechnung ungewiß war, sich durch Deklinationsbeobachtungen zu orientieren suchte.[80] Die stündlichen Veränderungen der Abweichungen wurden bloß als sichere Thatsache von Hellibrand und Pater Tachard zu Louvo in Siam, umständlich und fast befriedigend von Graham 1722 beobachtet. Celsius benutzte sie zuerst zu verabredeten, gemeinschaftlichen Messungen an zwei weit voneinander entfernten Punkten.[81]

Zu den Erscheinungen selbst übergehend, welche die Abweichung der Magnetnadel darbietet, wollen wir dieselbe betrachten: zuerst in ihren Veränderungen nach Tages- und Nachtstunden, Jahreszeiten und mittleren Jahresständen; dann nach dem Einfluß, welchen die außerordentlichen und doch periodischen Störungen und die Ortslagen nördlich oder südlich vom magnetischen Aequator auf jene Veränderungen ausüben; endlich nach den linearen Beziehungen, in denen zu einander die Erdpunkte stehen, welche eine gleiche oder gar keine Abweichung zeigen. Diese linearen Beziehungen sind

allerdings in unmittelbarer praktischer Anwendung der gewonnenen Resultate für die Schiffsrechnung und das gesamte Seewesen am wichtigsten; aber alle kosmischen Erscheinungen des Magnetismus, unter denen die außerordentlichen, in so weiter Ferne oft gleichzeitig wirkenden Störungen (die magnetischen Ungewitter) zu den geheimnisvollsten gehören, hangen so innig miteinander zusammen, daß, um allmählich die mathematische Theorie des Erdmagnetismus zu vervollständigen, keine derselben vernachlässigt werden darf.

Auf der ganzen nördlichen magnetischen Halbkugel in den mittleren Breiten, die Teilung des Erdsphäroids durch den magnetischen Aequator gedacht, steht das Nordende der Magnetnadel, d. h. das Ende, welches gegen den Nordpol hinweist, da wo die Abweichung westlich ist, um $8^1/_4{}^u$ morgens ($20^1/_4{}^u$) diesem Pole in der Richtung am nächsten. Die Nadel bewegt sich von $8^1/_4{}^u$ morgens bis $1^3/_4{}^u$ nachmittags von Osten nach Westen, um dort ihren westlichsten Stand zu erreichen. Diese Bewegung nach Westen ist allgemein, sie tritt in derselben Richtung ein an allen Orten der nördlichen Halbkugel, sie mögen westliche Abweichung haben, wie das ganze Europa, Peking, Nertschinsk und Toronto in Kanada; oder östliche Abweichung, wie Kasan, Sitka (im russischen Amerika), Washington, Marmato (Neugranada) und Payta an der peruanischen Küste.[82] Von dem eben bezeichneten westlichen Stande um $1^3/_4{}^u$ bewegt sich die Magnetnadel den Nachmittag und einen Teil der Nacht bis 12 oder 13 Uhr wieder zurück nach Osten, indem sie oft einen kleinen Stillstand gegen 6^u macht. In der Nacht ist wieder eine kleine Bewegung gegen Westen, bis das Minimum, d. h. der östliche Stand von $20^1/_4{}^u$, erreicht wird. Diese nächtliche Periode, welche ehemals ganz übersehen wurde (da ein allmählicher und ununterbrochener Rückgang gegen Osten von $1^3/_4{}^u$ bis zur Morgenstunde von $20^1/_4{}^u$ behauptet wurde), hat mich schon zu Rom bei einer Arbeit mit Gay-Lussac über die stündlichen Veränderungen der Abweichung mittels des Pronyschen magnetischen Fernrohrs lebhaft beschäftigt. Da die Nadel überhaupt unruhiger ist, solange die Sonne unter dem Horizont steht, so ist die kleine nächtliche Bewegung gegen Westen seltener und minder deutlich hervortretend. Wenn sie deutlich erscheint, so habe ich sie von keiner unruhigen Schwankung der Nadel begleitet gesehen. Gänzlich verschieden von dem, was ich Ungewitter genannt habe,

geht in der kleinen westlichen Periode die Nadel ruhig von Teilstrich zu Teilstrich, ganz wie in der so sicheren Tagesperiode von $20^{1}/_{4}$ u bis $1^{3}/_{4}$ u. Recht bemerkenswert ist, daß wenn die Nadel ihre kontinuierliche westliche Bewegung in eine östliche oder umgekehrt verwandelt, sie nicht eine Zeitlang unverändert stehen bleibt, sondern (vorzüglich bei Tage um $20^{1}/_{4}$ u und $1^{3}/_{4}$ u) sich gleichsam plötzlich umwendet. Gewöhnlich findet die kleine Bewegung gegen Westen erst zwischen Mitternacht und dem frühen Morgen statt. Dagegen ist sie auch in Berlin und in den Freiberger unterirdischen Beobachtungen, wie in Greenwich, Makerstoun in Schottland, Washington und Toronto schon nach 10 oder 11 Uhr abends bemerkt worden.

Die vier Bewegungen der Nadel, die ich 1805 erkannt habe,[83] sind in der schönen Sammlung der Beobachtungen von Greenwich in den Jahren 1845, 1846 und 1847 als Resultate vieler tausend stündlicher Beobachtungen in folgenden 4 Wendepunkten[84] dargestellt: erstes Minimum 20 u, erstes Maximum 2 u; zweites Minimum 12 u oder 14 u, zweites Maximum 14 u oder 16 u. Ich muß mich begnügen, hier nur die Mittelzustände anzugeben, und auf den Umstand aufmerksam zu machen, daß das morgendliche Hauptminimum (20 u) in unserer nördlichen Zone gar nicht durch den früheren oder späteren Aufgang der Sonne verändert wird. Ich habe in 2 Solstitien und 3 Aequinoktien, in denen ich, gemeinschaftlich mit Oltmanns, jedesmals 5 bis 6 Tage und ebensoviele Nächte, die stündliche Variation verfolgte, den östlichsten Wendepunkt im Sommer und in Wintermonaten unverrückt zwischen $19^{3}/_{4}$ u und $20^{1}/_{4}$ u gefunden, und nur sehr unbeträchtlich[85] durch den früheren Sonnenaufgang verfrüht.

In den hohen nördlichen Breiten nahe dem Polarkreise, und zwischen diesem und dem Rotationspole ist die Regelmäßigkeit der stündlichen Deklination noch wenig erkannt worden, ob es gleich nicht an einer Zahl kleiner Beobachtungen mangelt. Die lokale Einwirkung der Gebirgsarten und die Frequenz in der Nähe oder in der Ferne störender Polarlichter machen Herrn Lottin in der französischen wissenschaftlichen Expedition der Lilloise (1836) fast schüchtern, aus seiner eigenen großen und mühevollen Arbeit, wie aus der älteren (1786) des verdienstvollen Löwenörn bestimmte Resultate über die Wendestunden zu ziehen. Im ganzen war zu Reikjavik (Island, Br. 64° 8′), wie zu Godthaab an der grönländischen Küste,

nach Beobachtungen des Missionärs Genge, das Minimum der westlichen Abweichung fast wie in mittleren Breiten um 21ᵘ oder 22ᵘ; aber das Maximum schien erst auf 9 bis 10 Uhr abends zu fallen. Nördlicher, in Hammerfest (Finmark, Br. 70° 40′), fand Sabine den Gang der Nadel ziemlich regelmäßig wie im südlichen Norwegen und Deutschland: westliches Minimum 21ᵘ, westliches Maximum 1½ᵘ; desto verschiedener fand er ihn auf Spitzbergen (Br. 79° 50′), wo die eben genannten Wendestunden 18ᵘ und 7½ᵘ waren. Für die arktische Polarinselwelt, in Port Bowen an der östlichen Küste von Prince Regents inlet (Br. 73° 14′), haben wir aus der dritten Reise von Kap. Parry (1825) eine schöne Reihe fünfmonatlicher zusammenhängender Beobachtungen von Lieutenant Foster und James Roß; aber wenn auch die Nadel innerhalb 24 Stunden zweimal durch den Meridian ging, den man für den mittleren magnetischen des Orts hielt, und in vollen zwei Monaten, April und Mai, gar kein Nordlicht sichtbar war, so schwankten doch die Zeiten der Haupt-Elongationen um 4 bis 6 Stunden, ja vom Januar bis Mai waren im Mittel die Maxima und Minima der westlichen Abweichung nur um eine Stunde verschieden! Die Quantität der Deklination stieg an einzelnen Tagen von 1½° bis 6 und 7 Grad, während sie unter den Wendekreisen kaum so viele Minuten erreicht. Wie jenseits des Polarkreises, so ist auch dem Aequator genähert schon in Hindostan, z. B. in Bombay (Br. 18° 56′), eine große Komplikation in den stündlichen Perioden der magnetischen Abweichung. Es zerfallen dieselben dort in zwei Hauptklassen, welche, vom April bis Oktober und vom Oktober bis Dezember, sehr verschieden sind, ja wieder jede in zwei Subperioden zerfallen, die noch sehr der Bestimmtheit ermangeln.[86]

Von der Richtung der Magnetnadel in der südlichen Halbkugel konnte den Europäern durch eigene Erfahrung erst seit der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts, durch die kühnen Seefahrten von Diego Cam mit Martin Behaim, von Bartholomäus Diaz und Vasco da Gama, eine schwache Kunde zukommen; aber die Wichtigkeit, welche die Chinesen, die schon seit dem dritten Jahrhundert unserer Zeitrechnung, wie die Einwohner von Korea und der japanischen Inseln, auch zur See durch den Kompaß geleitet wurden, nach den Berichten ihrer frühesten Schriftsteller auf den Südpol legen, war wohl hauptsächlich auf den Umstand gegründet, daß ihre Schiff-

fahrt sich gegen Süden und Südwesten richtete. Auf diesen südlichen Fahrten war ihnen die Bemerkung nicht entgangen, daß die Spitze der Magnetnadel, nach deren Weisung sie steuerten, nicht genau nach dem Südpol gerichtet war. Wir kennen sogar der Quantität[87] nach eine ihrer Bestimmungen der Variation gegen Südost aus dem 12. Jahrhundert. Die Anwendung und weitere Verbreitung solcher nautischen Hilfsmittel hat die sehr alte Verbindung von China[88] und Indien mit Java, und in noch größerem Maßstabe die Schiffahrt und Ansiedelung malayischer Stämme auf Madagaskar begünstigt.

Wenn es auch, nach der jetzigen sehr nördlichen Lage des magnetischen Aequators zu urteilen, wahrscheinlich ist, daß die Stadt Louvo in Siam, als der Missionär Guy Tachard daselbst 1682 die stündlichen Veränderungen der Abweichung zuerst bemerkte, dem Ausgang der nördlichen magnetischen Halbkugel sehr genähert war, so muß man doch erkennen, daß genaue stündliche Deklinationsbeobachtungen in der südlichen magnetischen Halbkugel erst ein volles Jahrhundert später angestellt wurden. John Macdonald verfolgte den Gang der Nadel in den Jahren 1794 und 1795 im Fort Marlborough auf der südwestlichen Küste von Sumatra wie auf St. Helena.[89] Die Physiker wurden durch die damals erhaltenen Resultate auf die große Abnahme der Quantität täglicher Variationsveränderung in den niederen Breiten aufmerksam gemacht. Die Elongation betrug kaum 3 bis 4 Minuten. Eine mehr umfassende und tiefere Kenntnis des Phänomens wurde durch die wissenschaftlichen Expeditionen von Freycinet und Duperrey erlangt; aber erst die Errichtung magnetischer Stationen an 3 wichtigen Punkten der südlichen magnetischen Hemisphäre, zu Hobarton auf Vandiemensland, zu St. Helena und am Vorgebirge der guten Hoffnung (wo nun schon 10 Jahre lang von Stunde zu Stunde Beobachtungen über die Veränderung der 3 Elemente des tellurischen Magnetismus nach gleichmäßiger Methode angestellt werden), hat allgemeine erschöpfende Data geliefert. In den mittleren Breiten der südlichen magnetischen Halbkugel hat die Nadel einen ganz entgegengesetzten Gang als in der nördlichen, denn da in jener die Spitze der Nadel, welche gegen Süden gerichtet ist, vom Morgen bis Mittag aus Ost nach West geht, so macht dadurch die nach Norden weisende Spitze eine Bewegung von West nach Ost.

Sabine, dem wir die scharfsinnige Diskussion aller dieser Variationen verdanken, hat fünfjährige stündliche Beobachtungen von Hobarton (Br. 42° 53′ Süd, Abw. 9° 67′ Ost) und Toronto (Br. 43° 39′ Nord, Abw. 1° 33′ West) so zusammengestellt, daß man die Perioden von Oktober bis Februar und von April bis August unterscheiden kann, da die fehlenden Zwischenmonate März und September gleichsam Uebergangsphänomene darbieten. In Hobarton zeigt das gegen Norden gekehrte Ende der Nadel zwei östliche und zwei westliche Maxima der Elongationen, so daß sie in dem Jahresabschnitt von Oktober bis Februar von 20ᵘ oder 21ᵘ bis 2ᵘ gegen Ost geht, dann von 2ᵘ bis 11ᵘ ein wenig nach West, von 11ᵘ bis 15ᵘ wieder nach Ost, von 15ᵘ bis 20ᵘ zurück nach West. In der Jahresabteilung vom April bis August sind die östlichen Wendestunden bis zu 3ᵘ und 16ᵘ verspätet, die westlichen Wendestunden zu 22ᵘ und 11ᵘ verfrüht. In der nördlichen magnetischen Halbkugel ist die Bewegung der Nadel von 20ᵘ bis 1ᵘ gegen Westen größer im dortigen Sommer als im Winter; in der südlichen magnetischen Halbkugel, wo zwischen den genannten Wendestunden die Richtung der Bewegung eine entgegengesetzte ist, wird die Qantität der Elongation größer gefunden, wenn die Sonne in den südlichen, als wenn sie in den nördlichen Zeichen steht.

Die Frage, die ich vor sieben Jahren in dem Naturgemälde berührt habe: ob es eine Region der Erde, vielleicht zwischen dem geographischen und magnetischen Aequator, gebe, in welcher (ehe der Uebergang des Nordendes der Nadel in denselben Stunden zu einer entgegengesetzten Richtung der Abweichung eintritt) gar keine stündliche Abweichung stattfindet, scheint nach neueren Erfahrungen, besonders nach Sabines scharfsinnigen Diskussionen der Beobachtungen in Singapur (Br. 1° 17′ N.), auf St. Helena (Br. 15° 56′ S.) und am Vorgebirge der guten Hoffnung (Br. 33° 56′ S.), verneint werden zu müssen. Es ist bisher noch kein Punkt aufgefunden worden, in welchem die Nadel ohne stündliche Bewegung wäre, und durch die Gründung der magnetischen Stationen ist die wichtige und sehr unerwartete Thatsache erkannt worden, daß es in der südlichen magnetischen Halbkugel Orte gibt, in denen die stündlichen Schwankungen der Deklinationsnadel an den Erscheinungen (dem Typus) beider Halbkugeln abwechselnd teilnehmen. Die Insel St. Helena liegt der Linie der schwächsten Intensität der Erdkraft sehr

nahe, in einer Weltgegend, wo diese Linie sich weit von dem geographischen Aequator und von der Linie ohne Inklination entfernt. Auf St. Helena ist der Gang des Endes der Nadel, das gegen den Nordpol weist, ganz entgegengesetzt in den Monaten vom Mai bis September von dem Gange, den dasselbe Ende in den analogen Stunden von Oktober bis Februar befolgt. Nach fünfjährigen stündlichen Beobachtungen ist in dem erstgenannten Teile des Jahres, im Winter der südlichen Halbkugel, während die Sonne in den nördlichen Zeichen steht, das Nordende der Nadel um 19^{u} am weitesten *östlich*; sie bewegt sich von dieser Stunde an, wie in den mittleren Breiten von Europa und Nordamerika, gegen *Westen* (bis 22^{u}), und erhält sich fast in dieser Richtung bis 2^{u}. Dagegen findet in anderen Teilen des Jahres, vom Oktober bis Februar, in dem dortigen Sommer, wenn die Sonne in den südlichen Zeichen weilt und der Erde am nächsten ist, um 20^{u} (8^{u} morgens) eine größte *westliche* Elongation der Nadel statt, und bis zur Mittagsstunde eine Bewegung von Westen gegen *Osten*, ganz nach dem Typus von Hobarton (Br. 42° 54′ S.) und anderer Gegenden der mittleren südlichen Halbkugel. Zur Zeit der Aequinoktien oder bald nachher, im März und April wie im September und Oktober, bezeichnet der Gang der Nadel schwankend, an einzelnen Tagen, *Uebergangsperioden* von einem Typus zum anderen, von dem der nördlichen zu dem der südlichen Halbkugel.[90]

Singapur liegt ein wenig nördlich von dem geographischen Aequator, zwischen diesem und dem magnetischen Aequator, der nach Elliot fast mit der Kurve der schwächsten Intensität zusammenfällt. Nach den Beobachtungen, welche von 2 zu 2 Stunden in den Jahren 1841 und 1842 zu Singapur angestellt worden sind, findet Sabine die für St. Helena bezeichneten entgegengesetzten Typen im Gange der Nadel von Mai bis August und von November bis Februar wieder ebenso am Vorgebirge der guten Hoffnung, das doch 34° vom geographischen, und gewiß noch weit mehr von dem magnetischen Aequator entfernt ist, eine Inklination von — 53° hat und die Sonne nie im Zenith sieht.[91] Wir besitzen schon veröffentlicht sechsjährige stündliche Beobachtungen vom Kap, nach denen, fast ganz wie auf St. Helena, vom Mai bis September die Nadel von ihrem äußersten östlichen Stande ($19\frac{1}{2}^{u}$) westlich geht bis $23\frac{1}{2}^{u}$, vom Oktober bis März aber

gegen Osten von 10½" bis 1½" und 2". Bei der Entdeckung dieser so wohl konstatierten, aber noch genetisch in so tiefes Dunkel gehüllten Erscheinung hat sich die Wichtigkeit der jahrelang unterbrochenen, von Stunde zu Stunde fortgesetzten Beobachtungen vorzüglich bewährt. Störungen, die (wie wir gleich entwickeln werden) anhaltend bald nach Ost, bald nach West die Nadel ablenken, würden isolierte Beobachtungen der Reisenden unsicher machen.

Durch erweiterte Schiffahrt und Anwendung des Kompasses bei geodätischen Aufnahmen ist sehr früh zu gewissen Zeiten eine außerordentliche Störung der Richtung, oft verbunden mit einem Schwanken, Beben und Zittern der angewandten Magnetnadel, bemerkt worden. Man gewöhnte sich diese Erscheinung einem gewissen Zustande der Nadel selbst zuzuschreiben, man nannte sie in der französischen Seesprache sehr charakteristisch ein Vernarrtsein der Nadel, l'affolement de l'aiguille, und schrieb vor, eine aiguille affolée von neuem und stärker zu magnetisieren. Halley ist allerdings der erste gewesen, der das Polarlicht für eine magnetische Erscheinung erklärte,[92] da er von der königl. Societät zu London aufgefordert wurde, das, in ganz England gesehene, große Meteor vom 6. März 1716 zu erklären. Er sagt, „das Meteor sei dem analog, welches Gassendi zuerst 1621 mit dem Namen Aurora borealis belegt hätte". Ob er gleich auf seinen Seefahrten zur Bestimmung der Abweichungslinie bis zum 52. Grad südlicher Breite vorgedrungen war, so lernt man doch aus seinem eigenen Geständnis, daß er bis 1716 nie ein Nord- oder Südpolarlicht gesehen, da doch die letzteren, wie ich bestimmt weiß, bis in die Mitte der peruanischen Tropenzone sichtbar werden. Halley scheint also aus eigener Erfahrung nichts von der Beunruhigung der Nadel, den außerordentlichen Störungen und Schwankungen derselben bei gesehenen oder ungesehenen Nord- und Südlichtern beobachtet zu haben. Olav Hiorter und Celsius zu Upsala sind die ersten, die, im Jahre 1741, noch vor Halleys Tode, den von ihm nur vermuteten Zusammenhang zwischen einem gesehenen Nordlichte und dem gestörten normalen Gange der Nadel durch eine lange Reihe messender Bestimmungen bekräftigten. Dieses verdienstliche Unternehmen veranlaßte sie, die ersten verabredeten gleichzeitigen Beobachtungen mit Graham in London anzustellen, und die außerordentlichen Störungen der Abweichung bei Erscheinung des Nord-

lichtes wurden durch Wargentin, Canton und Wilke spezieller erforscht.

Beobachtungen, die ich Gelegenheit hatte in Gemeinschaft mit Gay-Lussac (1805) in Rom auf dem Monte Pincio zu machen, besonders aber eine lange, durch jene Beobachtungen veranlaßte Arbeit in den Aequinoktien und Solstitien der Jahre 1806 und 1807 in einem großen einsamen Garten zu Berlin (mittels des magnetischen Fernrohrs von Prony und eines fernen, durch Lampenlicht wohl zu erleuchtenden Tafelsignals) in Gemeinschaft mit Oltmanns, lehrten mich bald, daß dieser, zu gewissen Epochen mächtig und nicht bloß lokal wirkende Teil tellurischer Thätigkeit, den man unter dem allgemeinen Namen außerordentlicher Störungen begreift, seiner Komplikation wegen, eine anhaltende Beachtung verdiene. Die Vorrichtung des Signals und des Fadenkreuzes in dem an einem, bald seidenen, bald metallenen Faden hängenden Fernrohr, welches ein weiter Glaskasten umschloß, erlaubte das Ablesen von 8 Sekunden im Bogen. Da bei Nacht zu dieser Beobachtungsmethode das Zimmer, in welchem sich das, von einem Magnetstabe geleitete Fernrohr befand, finster bleiben konnte, so fiel der Verdacht der Luftströmung weg, welchen bei den, übrigens vortrefflichen, mit Mikroskopen versehenen Deklinatorien die Erleuchtung der Skale veranlassen kann. In der schon damals von mir ausgesprochenen Meinung, „daß eine fortlaufende, ununterbrochene, stündliche und halbstündliche Beobachtung (observatio perpetua) von mehreren Tagen und Nächten den vereinzelten Beobachtungen vieler Monate vorzuziehen sei", beobachteten wir in den Aequinoktial- und Solstitialepochen, deren große Wichtigkeit alle neueren Arbeiten bewährt haben, 5, 7 bis 11 Tage und ebensoviele Nächte [93] hindurch. Wir erkannten bald, daß, um den eigentlichen physischen Charakter dieser anomalen Störungen zu studieren, es nicht genüge, das Maß (die Quantität) der veränderten Abweichung zu bestimmen, sondern daß jeder Beobachtung auch numerisch der Grad der Unruhe der Nadel, durch die gemessene Elongation der Schwingungen, beigefügt werden müsse. Bei dem gewöhnlichen stündlichen Gang der Nadel fanden wir diese so ruhig, daß unter 1500 Resultaten, aus 6000 Beobachtungen (Mitte Mai 1806 bis Ende Juni 1807) gezogen, die Oszillation meist nur von einem halben Teilstrich zum anderen ging, also nur 1′ 2″ betrug; in einzelnen Fällen, und oft bei sehr stürmischem Regenwetter,

schien die Nadel entweder ganz feststehend oder sie schwankte nur um 0,2 oder um 0,3 Teile, d. i. 24″ oder 28″. Wenn aber das magnetische Ungewitter, dessen stärkster und späterer Ausbruch das Polarlicht ist, eintrat, so waren die Schwankungen bald nur 14, bald 38 Minuten im Bogen, jede in 1½ bis 3 Zeitsekunden vollbracht. Oftmals war wegen der Größe und Ungleichheit der Oszillationen, welche die Teilstriche des Signals nach einer Seite oder nach beiden weit überschritten, gar keine Beobachtung möglich.[94] Dies war z. B. der Fall in der Nacht vom 24. September 1806 in langer, ununterbrochener Dauer, erst von 14ᵘ 40′ bis 15ᵘ 32′ und dann von 15ᵘ 57′ bis 17ᵘ 4′.

Gewöhnlich war bei heftigen magnetischen Ungewittern (unusual or larger Magnetic disturbances, Magnetic Storms) das Mittel der Schwingungsbogen nach einer Seite hin (gegen O oder W) im Fortschreiten, wenn auch mit ungleichmäßiger Geschwindigkeit; aber in seltenen Fällen wurden auch außerordentliche Schwankungen bemerkt, ohne daß die Abweichung unregelmäßig zu- oder abnahm, ohne daß das Mittel der Schwankungen sich von dem Teilstriche entfernte, welcher zu dem normalen Gange der Nadel in gegebener Stunde gehörte. Wir sahen nach langer relativer Ruhe plötzlich Bewegungen von sehr ungleicher Stärke eintreten (Bogen beschreibend von 6 bis 15 Minuten, alternierend oder regellos untereinander gemischt), und dann plötzlich wieder die Nadel sich beruhigen. Bei Nacht war ein solches Gemisch von totaler Ruhe und heftiger Schwankung, ohne Fortschreiten nach einer Seite, besonders auffallend.[95] Eine eigene Modifikation der Bewegung, die ich noch glaube erwähnen zu müssen, ist eine sehr selten eintretende vertikale, eine Art Kippen, eine Veränderung der Inklination des Nordendes der Nadel 15 bis 20 Zeitminuten lang, bei sehr mäßigen horizontalen Schwankungen oder völliger Abwesenheit derselben. Bei der so fleißigen Aufzeichnung aller Nebenverhältnisse in den englischen Stationsregistern finde ich dieses bloß vertikalen Zitterns (constant vertical motion, the needle oscillating vertically) nur dreimal auf Vandiemensinsel angegeben.

Die Epoche des Eintretens der größeren magnetischen Ungewitter hat mir im Mittel in Berlin die dritte Stunde nach Mitternacht geschienen, aufhörend auch im Mittel um 5 Uhr des Morgens. Kleine Gewitter beobachteten wir bei

Tage in den Nachmittagsstunden zwischen 5 und 7 Uhr oft an denselben Septembertagen, wo nach Mitternacht so starke storms folgten, daß wegen der Größe und Schnelligkeit der Oszillationen jedes Ablesen und jede Schätzung des Mittels der Elongation unmöglich waren. Ich wurde gleich anfangs so überzeugt von den gruppenweise mehrere Nächte hintereinander eintretenden magnetischen Ungewittern, daß ich die Eigentümlichkeiten dieser außerordentlichen Störungen der Berliner Akademie ankündigte, und Freunde, meist nicht vergebens, einlud, zu vorbestimmten Stunden mich zu besuchen und sich der Erscheinung zu erfreuen.[96] Auch Kupffer während seiner Reise im Kaukasus 1829, und später Kreil bei seinen so schätzbaren Prager Beobachtungen haben das Wiedereintreten der magnetischen Ungewitter zu denselben Stunden bekräftigt.

Was ich im Jahre 1806 in meinen Aequinoktial- und Solstitialbeobachtungen nur im allgemeinen über die außerordentlichen Störungen der Abweichung erkannte, ist seit der Errichtung der magnetischen Stationen in den großbritannischen Besitzungen (1838 bis 1840) durch Anhäufung eines reichen Materials und durch die talentvolle Bearbeitung des Oberst Sabine eine der wichtigsten Errungenschaften in der Lehre vom tellurischen Magnetismus geworden. In den Resultaten beider Hemisphären hat dieser scharfsinnige Gelehrte die Störungen nach Tages- und Nachtstunden, nach Jahreszeiten, nach Deviationen, gegen Osten oder Westen gerichtet, gesondert. In Toronto und Hobarton waren die Störungen zweifach häufiger und stärker bei Nacht als bei Tage, ebenso in den ältesten Beobachtungen zu Berlin, ganz im Gegensatz von 2600 bis 3000 Störungen am Kap der guten Hoffnung, und besonders auf der Insel St. Helena, nach der gründlichen Untersuchung des Kapitäns Younghusband. In Toronto traten im Mittel die Hauptstörungen in der Epoche von Mitternacht bis 3 Uhr morgens ein; bisweilen nur wurden sie früher, zwischen 10 Uhr abends und Mitternacht, beobachtet, also in Toronto wie in Hobarton prädominierend bei Nacht. Nach einer sehr mühevollen und scharfsinnigen Prüfung, welche Sabine mit 3940 Torontoer und 3470 Hobartoner Störungen aus dem sechsjährigen Cyklus von 1843 bis 1848 angestellt (die gestörten Abweichungen machten den neunten und zehnten Teil der ganzen Masse aus), hat er die Folgerung[97] ziehen können, „daß die Störungen zu einer eigenen Art periodisch wiederkehrender Variationen gehören,

welche erkennbaren Gesetzen folgen, von der Stellung der Sonne in der Ekliptik und der täglichen Rotation der Erde um ihre Achse abhängen, ja ferner nicht mehr unregelmäßige Bewegungen genannt werden sollten; man unterscheide darin, neben einem eigentümlichen lokalen Typus, allgemeine, den ganzen Erdkörper affizierende Prozesse". In denselben Jahren, in denen die Störungen häufiger in Toronto waren, wurden sie es auch und fast in gleichem Maße auf der südlichen Halbkugel in Hobarton. Im ganzen traten sie am ersteren Orte im Sommer (vom April bis September) in doppelter Menge als in den Wintermonaten (von Oktober bis März) ein. Die größte Zahl der Störungen gehörte dem Monat September an, ganz wie um die Zeit des Herbstäquinoktiums in meinen Berliner Beobachtungen von 1806. Sie sind seltener in den Wintermonaten jeden Ortes, seltener vom November bis Februar in Toronto und vom Mai bis August in Hobarton. Auch auf St. Helena und am Kap der guten Hoffnung sind nach Younghusband die Durchgänge der Sonne durch den Aequator durch Häufigkeit der Störungen in hohem Grade bemerkbar.

Das Wichtigste, auch erst von Sabine aufgefundene, in dieser Erscheinung ist die Regelmäßigkeit, mit der in beiden Halbkugeln die Störungen eine vermehrte östliche oder westliche Abweichung verursachen. In Toronto, wo die Deklination schwach gegen Westen ist (1° 33′), war der Zahl nach das Fortschreiten gegen Osten im Sommer (Juni bis September) dem Fortschreiten gegen Westen im Winter (Dezember bis April) überwiegend, und zwar im Verhältnis von 411 : 290. Ebenso ist es auf Vandiemensinsel nach lokaler Jahreszeit; auch in den dortigen Wintermonaten (Mai bis August) sind die magnetischen Ungewitter auffallend seltener. Die Zergliederung von 6 Jahren der Beobachtung in 2 entgegengesetzten Stationen, von Toronto und Hobarton, hatte Sabine zu dem merkwürdigen Ergebnisse geführt, daß von 1843 bis 1848 in beiden Hemisphären nicht bloß die Zahl der Störungen, sondern auch (wenn man, um das jährliche Mittel der täglichen Abweichung in seinem normalen Werte zu erlangen, 3469 storms nicht mit in Rechnung bringt) das Maß der totalen Abweichung von diesem Mittel in den genannten 5 Jahren allmählich von 7,65′ bis 10,58′ im Zunehmen gewesen ist, ja daß diese Zunahme gleichzeitig, wie in der amplitudo der Deklination, so in der Inklination und

totalen Erdkraft bemerkbar war. Dieses Ergebnis gewann eine erhöhte Wichtigkeit, als er eine Bekräftigung und Verallgemeinerung desselben in Lamonts ausführlicher Arbeit (vom September 1851) „über eine zehnjährige Periode, welche sich in der täglichen Bewegung der Magnetnadel darstellt", erkannte. Nach Beobachtungen von Göttingen, München und Kremsmünster[98] hatte die Mittelgröße der täglichen Deklination ihr Minimum erreicht von 1843 zu 1844, ihr Maximum von 1848 zu 1849. Nachdem die Deklination so 5 Jahre zugenommen, nimmt sie ebenso viele Jahre wiederum ab, wie eine Reihe genauer stündlicher Beobachtungen erweist, die bis zu einem Maximum von 1786½ hinaufführen. Um eine allgemeine Ursache einer solchen Periodizität in allen 3 Elementen des tellurischen Magnetismus aufzufinden, wird man geneigt, zu einem kosmischen Zusammenhange seine Zuflucht zu nehmen. Ein solcher ist nach Sabines Vermutung in den Veränderungen zu finden, welche in der Photosphäre der Sonne, d. h. in den leuchtenden gasförmigen Umhüllungen des dunklen Sonnenkörpers, vorgehen. Nach Schwabes langjährigen Untersuchungen kommt nämlich die Periode der größten und kleinsten Frequenz der Sonnenflecken ganz mit der überein, welche man in den magnetischen Variationen entdeckt hat. Auf diese Uebereinstimmung hat Sabine zuerst in seiner der königl. Sozietät zu London im März 1852 vorgelegten Abhandlung aufmerksam gemacht. „Es ist wohl keinem Zweifel unterworfen," sagt Schwabe in einem Aufsatze, mit dem er den astronomischen Teil meines Kosmos bereichert hat, „daß wenigstens vom Jahre 1826 bis 1850 in der Erscheinung der Sonnenflecken eine Periode von ungefähr 10 Jahren dermaßen stattgefunden hat, daß ihr Maximum in die Jahre 1828, 1837 und 1848, ihr Minimum in die Jahre 1833 und 1843 gefallen ist." Den mächtigen Einfluß des Sonnenkörpers als Masse auf den Erdmagnetismus bekräftigt auch Sabine durch die scharfsinnige Bemerkung, daß der Zeitpunkt, in welchem in beiden Hemisphären die Intensität der Magnetkraft am stärksten ist und die Richtung der Nadel sich am meisten der vertikalen nähert, in die Monate Oktober bis Februar fällt, gerade wenn die Erde der Sonne am nächsten ist und sie sich in ihrer Bahn am schnellsten fortbewegt.

Von der Gleichzeitigkeit vieler magnetischer Ungewitter, wie sich dieselben auf viele tausend Meilen fortgepflanzt haben, ja fast um den ganzen Erdball gehen (so am 25. September

1848 von Kanada und von Böhmen bis zum Vorgebirge der guten Hoffnung, Vandiemensland und Monaco), habe ich schon in dem Naturgemälde[99] gehandelt, auch Beispiele von den Fällen angegeben, wo die Perturbationen mehr lokal waren, sich von Sizilien nach Upsala, aber nicht von Upsala weiter nördlich nach Alten und Lappland verbreiteten. Bei den gleichzeitigen Deklinationsbeobachtungen, die wir, Arago und ich, 1829 in Berlin, Paris, Freiberg, St. Petersburg, Kasan und Nikolajew mit denselben Gambeyschen Instrumenten angestellt, hatten sich einzelne starke Perturbationen von Berlin nicht bis Paris, ja nicht einmal bis in eine Freiberger Grube, wo Reich seine unterirdischen Magnetbeobachtungen machte, fortgepflanzt. Große Abweichungen und Schwankungen der Nadel bei Nordlichtern in Toronto riefen wohl in Kerguelen-insel, aber nicht in Hobarton magnetische Ungewitter hervor. Bei dem Charakter der Alldurchdringlichkeit, welchen die Magnetkraft wie die Gravitationskraft aller Materie zeigt, ist es allerdings schwer, sich einen klaren Begriff von den Hindernissen der Fortpflanzung im Inneren des Erdkörpers zu machen, von Hindernissen, denen analog, welche sich den Schallwellen oder den Erschütterungswellen des Erdbebens, in denen gewisse einander nahe gelegene Orte nie zusammen beben, entgegensetzen. Sollten gewisse magnetische kreuzende Linien durch ihre Dazwischenkunft der Fortpflanzung entgegenwirken?

Wir haben die regelmäßigen und die scheinbar unregelmäßigen Bewegungen, welche horizontal aufgehangene Nadeln darbieten, geschildert. Hat man in Erforschung des normalen, in sich wiederkehrenden Ganges der Nadeln durch Mittelzahlen aus den Extremen der stündlichen Veränderungen die Richtung des magnetischen Meridians ergründen können, in der von einem Solstitium zu dem anderen die Nadel zu beiden Seiten gleich geschwankt hat, so führt die Vergleichung der Winkel, welche auf verschiedenen Parallelkreisen die magnetischen Meridiane mit dem geographischen Meridian machen, zuerst zur Kenntnis von Variationslinien auffallend heterogenen Wertes (Andrea Bianco 1436 und der Kosmograph Kaiser Karls V., Alonso de Santa Cruz, versuchten es schon, diese auf Karten zu tragen), später zu der glücklichen Verallgemeinerung isogonischer Kurven, Linien gleicher Abweichung, welche der dankbare Sinn englischer Seefahrer lange durch den historischen Namen Halleyan lines bezeichnet hat. Unter den mannigfach gekrümmten, gruppen-

weise bisweilen fast parallelen, selten ganz in sich selbst rekurrierenden und dann eiförmig geschlossene Systeme bildenden, isogonischen Kurven verdienen in physikalischer Hinsicht die größte Aufmerksamkeit diejenigen, auf welchen die Abweichung null wird, und zu deren beiden Seiten Abweichungen entgegengesetzter Benennung, mit der Entfernung ungleich zunehmend, gefunden werden. Ich habe an einem anderen Orte gezeigt, wie des Kolumbus erste Entdeckung einer Linie ohne Abweichung im Atlantischen Ozean am 12. September 1492 dem Studium des tellurischen Magnetismus die Anregung gegeben hat, welches drittehalb Jahrhunderte hindurch freilich nur auf Verbesserung der Schiffsrechnung gerichtet war.

So sehr auch in der neuesten Zeit durch die höhere wissenschaftliche Bildung der Seefahrer, durch die Vervollkommnung der Instrumente und der Methoden die Kenntnis einzelner Teile der Linien ohne Variation im nördlichen Asien, im Indischen Archipelagus und im Atlantischen Ozean erweitert worden ist, so darf doch wohl in dieser Sphäre unseres Wissens, da, wo das Bedürfnis einer kosmischen Uebersicht gefühlt wird, über Langsamkeit des Fortschrittes und über Mangel von erlangter Allgemeinheit geklagt werden. Es ist mir nicht unbewußt, daß eine Unzahl von Beobachtungen bei zufälliger Durchschneidung der Linien ohne Abweichung in Schiffsjournalen aufgezeichnet worden sind, aber es fehlt an der Vergleichung und Zusammenstellung des Materials, das für diesen Gegenstand, wie für die dermalige Lage des magnetischen Aequators erst an Wichtigkeit gewinnen würde, wenn in den verschiedenen Meeren einzelne Schiffe allein damit beauftragt wären, in ihrem Kurse jenen Linien ununterbrochen zu folgen. Ohne Gleichzeitigkeit der gewonnenen Beobachtung hat der tellurische Magnetismus für uns keine Geschichte. Ich wiederhole [100] eine Klage, die ich frei schon mehrfach geäußert.

Nach dem, was wir bis jetzt im allgemeinen von der Lage der Linien ohne Abweichung wissen, gibt es statt der vier meridianartigen, an die man von Pol zu Pol am Ende des 16. Jahrhunderts [101] glaubte, wahrscheinlich drei sehr verschiedenartig gestaltete Systeme, wenn man mit dem Namen System solche Gruppen von Abweichungslinien bezeichnet, deren Nulllinie mit keiner anderen Nulllinie in direkter Verbindung steht, nicht für die Fortsetzung einer anderen (nach unserer jetzigen Kenntnis) gelten kann. Von diesen drei

Systemen, die wir bald einzeln beschreiben werden, ist das mittlere, atlantische, auf eine einfache, von SSO nach NNW gerichtete, zwischen dem 65. Grade südlicher bis zu dem 67. Grade nördlicher Breite erkannte Linie ohne Abweichung beschränkt. Das zweite, wenn man aus beiden die Durchschnittspunkte der Nulllinie mit dem geographischen Aequator allein ins Auge faßt, volle 150 Grade östlicher gelegene System, ganz Asien und Australien füllend, ist das breiteste und komplizierteste von allen. Es ist wundersam auf und ab steigend, mit einem gegen Süden und einem gegen Norden gerichteten Scheitel, ja an seinem nordöstlichen Ende dermaßen gekrümmt, daß die Nulllinie elliptisch in sich rekurrierende, von außen nach innen in der Abweichung schnell zunehmende Linien umgibt. Der westlichste und der östlichste Teil dieser asiatischen Kurve ohne Abweichung sind gleich der atlantischen Nulllinie von Süden nach Norden, und in dem Raume vom kaspischen Becken bis Lappland sogar von SSO nach NNW gerichtet. Das dritte System, das der Südsee, am wenigsten erforscht, ist das kleinste von allen und bildet, fast gänzlich im Süden vom geographischen Aequator gelegen, ein geschlossenes Oval von konzentrischen Linien, deren Abweichung, entgegengesetzt dem, was wir bei dem nordöstlichen Teile des asiatischen Systems bemerkt, von außen nach innen abnimmt. Wir kennen, wenn wir unser Urteil auf die Magnetdeklination an den Küsten gründen, in dem afrikanischen Kontinent[102] nur Linien, die eine westliche Abweichung von 6° bis 29° offenbaren; denn die atlantische Linie ohne Abweichung hat (nach Purchas) schon im Jahre 1605 die Südspitze von Afrika (das Vorgebirge der guten Hoffnung) verlassen, um sich weiter von Osten nach Westen zu begeben. Die Möglichkeit, daß in Centralafrika eine eiförmige Gruppe konzentrischer Abweichungslinien, bis 0° abnehmend, sich irgendwo finden könne, der der Südsee ähnlich, ist aus Gründen ebensowenig zu bevorworten als zu leugnen.

Der atlantische Teil der amerikanischen Kurve ohne Abweichung ist durch eine vortreffliche Arbeit des Oberst Sabine in beiden Hemisphären für das Jahr 1840, mit Benutzung von 1480 Beobachtungen und Beachtung der säkularen Veränderung genau bestimmt worden. Sie läuft (unter 70° südl. Breite ohngefähr in 21° westl. Länge aufgefunden[103]) gegen NNW, gelangt bis 3° östlich von Cooks Sandwichlande und bis 9½° östlich von Süd-Georgien, nähert sich der

brasilianischen Küste, in die sie eintritt bei Kap Frio, 2° östlich von Rio Janeiro, durchstreicht den südlichen neuen Kontinent nur bis Br. — 0° 36′, wo sie denselben etwas östlich vom Gran Para bei dem Kap Tigioca am Nebenausfluß des Amazonenstroms (Rio do Para) wieder verläßt, um erst den geographischen Aequator in westl. Lg. 50° 6′ zu schneiden, dann bis zu 5° nördlicher Breite in 22 geogr. Meilen Entfernung der Küste von Guyana, später dem Bogen der kleinen Antillen bis zum Parallel von 18° folgend, in Br. 34° 50′, Lg. 76° 20′ nahe bei Kap Lookout (südwestlich von Kap Hatteras) das Litorale von Nordkarolina zu berühren. Im Inneren von Nordamerika setzt die Kurve ihre nordwestliche Richtung bis Br. 41½°, Lg. 80° gegen Pittsburgh, Meadville und den See Erie fort. Es ist zu vermuten, daß sie seit 1840 schon nahe um einen halben Grad weiter gegen Westen vorgerückt ist.

Die *australo-asiatische Kurve ohne Abweichung* kann, wenn man mit Erman den Teil derselben, welcher sich plötzlich von Kasan nach Archangel und dem russischen Lapplande hinaufzieht, für identisch mit dem Teile des Molukkischen und Japanischen Meeres hält, kaum in der *südlichen* Halbkugel bis zum 62. Grade verfolgt werden. Dieser Anfang liegt westlicher von Vandiemensland, als man ihn bisher vermutet hatte, und die drei Punkte, in denen Sir James Roß auf seiner antarktischen Entdeckungsreise 1840 und 1841 die Kurve ohne Abweichung durchschnitten hat, befinden sich alle in den Parallelen von 62°, 54½° und 46°, zwischen 131° und 133° 20′ östlicher Länge, also meist südnördlich, meridianartig gerichtet. In ihrem weiteren Laufe durchstreicht die Kurve das westliche Australien von der südlichen Küste von Nuytsland an (etwa 10 Längengraden im Westen von Adelaide) bis zu der nördlichen Küste nahe bei Van Sittart River und Mount Cockburn, um von da in das Meer des Indischen Archipelagus zu treten, in eine Weltgegend, in der genauer als irgend wo anders von Kapitän Elliot in den Jahren 1846 bis 1848 zugleich Inklination, Deklination, Totalintensität, wie Maximum und Minimum der horizontalen Intensität erforscht worden sind. Hier geht die Linie südlich von Flores und durch das Innere der kleinen Sandalwoodinsel[104] von 118° bis 91° westlicher Länge in eine genau ostwestliche Richtung über, wie dies Barlow sehr wahr schon 16 Jahre früher verzeichnet hatte. Von dem zuletzt ange-

gebenen Meridiane an steigt sie, nach der Lage zu urteilen, in welcher Elliot der Kurve von 1° östlicher Abweichung bis Madras gefolgt ist, in 9½° südlicher Breite gegen Nordwesten auf. Ob sie, den Aequator ungefähr im Meridian von Ceylon schneidend, in den Kontinent von Asien zwischen Cambay Gulf und Gudscherat, oder westlicher im Meerbusen von Maskat eintritt[105] und so identisch ist[106] mit der Kurve ohne Abweichung, die aus dem Becken des Kaspischen Meeres gegen Süden fortzulaufen scheint, ob sie vielmehr (wie Erman will) schon vorher östlich gekrümmt, zwischen Borneo und Malakka aufsteigend, in[107] das Japanische Meer gelangt und durch den Ochotzkischen Meerbusen in Ostasien eindringt, darüber kann hier keine sichere Auskunft gegeben werden. Es ist lebhaft zu bedauern, daß bei der großen Frequenz der Navigation nach Indien, Australien, den Philippinen und der Nordostküste von Asien eine Unzahl von Materialien in Schiffsjournalen verborgen und unbenutzt geblieben sind, ohne, zu allgemeinen Ansichten führend, Südasien mit dem mehrdurchforschten Nordasien zu verbinden und Fragen zu lösen, die schon 1840 angeregt worden. Um daher nicht das Gewisse mit dem Ungewissen zu vermengen, beschränke ich mich auf den sibirischen Teil des asiatischen Kontinentes, soweit wir ihn gegen Süden bis zum Parallel von 45° durch Erman, Hansteen, Due, Kupffer, Fuß und meine eigenen Beobachtungen kennen. In keinem anderen Teile der Erde hat man auf der Feste Magnetlinien in solcher Ausdehnung verfolgen können, und die Wichtigkeit, welche in dieser Hinsicht das europäische und asiatische Rußland darbietet, war schon vor Leibniz[108] scharfsinnig geahnet worden.

Um von Westen gegen Osten, von Europa aus, der gewöhnlichen Richtung sibirischer Expeditionen zu folgen, beginnen wir mit dem nördlichen Teile des Kaspischen Meeres, und finden in der kleinen Insel Birutschikassa, in Astrachan, am Eltonsee, in der Kirgisensteppe und in Uralsk am Jail, zwischen Br. 45° 43′ und 51° 12′, Lg. 44° 15′ und 49° 2′ die Abweichung von 0° 10′ Ost zu 0° 37′ West schwanken. Weiter nördlich neigt sich diese Kurve ohne Abweichung etwas mehr gegen Nordwest, durchgehend in der Nähe von Nishnij Nowgorod (im Jahre 1828 zwischen Osablikowo und Doskino, im Parallel von 56° und Lg. 40° 40′). Sie verlängert sich gegen das russische Lappland zwischen Archangel und Kola, genauer nach Hansteen (1830) zwischen Umba und Ponoi.

Erst wenn man fast ⅔ der größten Breite des nördlichen Asiens gegen Osten durchwandert ist, unter dem Parallel von 50° bis 60° (einen Raum, in dem jetzt ganz östliche Abweichung herrscht), gelangt man an die Linie ohne Abweichung, welche bei dem nordöstlichen Teile des Baikalsees westlich von Wiluisk nach einem Punkte aufsteigt, der im Meridian von Jakutsk (127½°) die Breite von 68° erreicht, um sich dort, die äußere Hülle der mehrerwähnten östlichen Gruppe eiförmiger konzentrischer Variationslinien bildend, gegen Ochotzk (Lg. 140° 50′) herabzusenken, den Bogen der Kurilischen Inseln zu durchschneiden und südlich in das Japanische Meer zu dringen. Die Kurven von 5° bis 15° östlicher Abweichung, welche den Raum zwischen der west- und ostasiatischen Linie ohne Abweichung füllen, haben alle einen konkaven Scheitel gegen Norden gekehrt. Das Maximum ihrer Krümmung fällt nach Erman in Lg. 77° 40′, fast in einen Meridian zwischen Omsk und Tomsk, also nicht sehr verschieden von dem Meridian der Südspitze der hindostanischen Halbinsel. Die geschlossene eiförmige Gruppe erstreckt sich in ihrer Längenachse 28 Breitengrade bis gen Korea.

Eine ähnliche Gestaltung, aber in noch größeren Dimensionen zeigt sich in der Südsee. Die geschlossenen Kurven bilden dort ein Oval zwischen 30° nördlicher und 42° südlicher Breite. Die Hauptachse liegt in Lg. 132° 20′. Was diese seltsame Gruppe, welche dem großen Teil nach der südlichen Hemisphäre und bloß dem Meere angehört, von der kontinentalen Ostasiens vorzüglich unterscheidet, ist, wie schon oben bemerkt, die relative Folge im Wert der Variationskurven. In der ersteren nimmt die (östliche) Abweichung ab, in der zweiten nimmt die (westliche) Abweichung zu, je tiefer man in das Innere des Ovals eindringt. Man kennt aber dieses Innere der geschlossenen Gruppe in der südlichen Halbkugel nur von 8° bis 5° Abweichung. Sollte darin ein Ring südlicher Abweichung und noch mehr nach innen jenseits der geschlossenen Nulllinie wieder westliche Abweichung gefunden werden?

Die Kurven ohne Abweichung, wie alle magnetischen Linien, haben ihre Geschichte. Es steigt dieselbe leider noch nicht zwei Jahrhunderte aufwärts. Einzelne Angaben finden sich allerdings früher bis in das 14. und 15. Jahrhundert. Hansteen hat auch hier wieder das große Verdienst gehabt, zu sammeln und scharfsinnig zu vergleichen. Es scheint, als

bewege sich der nördliche Magnetpol von West nach Ost, der südliche von Ost nach West, aber genaue Beobachtungen lehren, daß die verschiedenen Teile der isogonischen Kurven sehr ungleichmäßig fortschreiten und da, wo sie parallel waren, den Parallelismus verlieren, daß die Gebiete der Deklination einer Benennung in nahen Erdteilen sich nach sehr verschiedenen Richtungen erweitern und verengen. Die Linien ohne Abweichung in Westasien und im Atlantischen Ozean schreiten von Osten nach Westen vor; die erstere derselben durchschnitt gegen 1716 Tobolsk, 1761, zu Chappes Zeit, Jekaterinburg, später Kasan; 1729 war sie zwischen Osablikowo und Doskino (unfern Nishnij Nowgorod), also in 113 Jahren war sie 24¾° im Westen fortgerückt. Ist die Azorenlinie, die Christoph Kolumbus am 13. September 1492 bestimmte, dieselbe, welche nach den Beobachtungen von Davis und Keeling 1607 durch das Vorgebirge der guten Hoffnung gegangen ist, dieselbe, die wir jetzt als westatlantische von der Mündung des Amazonenflusses nach dem Litorale von Nordkarolina gerichtet sehen, so fragt man, was aus der Linie ohne Abweichung geworden sei, welche 1600 durch Königsberg, 1620 (?) durch Kopenhagen, 1657 bis 1662 durch London, und doch erst 1666 nach Picard durch das östlicher gelegene Paris, sowie etwas vor 1668 durch Lissabon [109] ging? Auffallend sind diejenigen Punkte der Erde, in welchen lange Perioden hindurch kein säkulares Fortschreiten bemerkt worden ist. Sir John Herschel hat schon auf einen solchen langen Stillstand in Jamaika aufmerksam gemacht, wie Euler und Barlow [110] auf einen ähnlichen im südlichen Australien.

Polarlicht.

Wir haben die drei Elemente des tellurischen Magnetismus, d. i. die drei Hauptarten seiner Manifestation: Intensität, Inklination und Deklination, in ihren von den geographischen Ortsverhältnissen abhängigen, nach Tages- und Jahreszeiten veränderlichen Bewegungen ausführlich behandelt. Die außerordentlichen Störungen, welche zuerst an der Deklination beobachtet wurden, sind, wie Halley geahnt, wie Dufay und Hiorter erkannt haben, teils Vorboten, teils Begleiter des magnetischen Polarlichtes. Ueber die Eigentümlichkeiten dieses oft durch Farbenpracht so ausgezeichneten Lichtprozesses der Erde habe ich mit ziemlicher Voll-

ständigkeit in dem Naturgemälde gehandelt, und neuere Beobachtungen sind im allgemeinen den dort geäußerten Ansichten günstig gewesen. „Das Nordlicht ist nicht sowohl als eine äußere Ursache der Störung in dem Gleichgewicht der Verteilung des Erdmagnetismus geschildert worden, sondern vielmehr als eine bis zum leuchtenden Phänomen gesteigerte tellurische Thätigkeit, deren eine Seite die unruhige Schwingung der Nadel und deren andere das polare Leuchten des Himmelsgewölbes ist.“ Das Polarlicht erscheint nach dieser Ansicht als eine Art stiller Entladung, als das Ende eines magnetischen Ungewitters; in dem elektrischen erneuert sich ebenfalls durch eine Lichtentwickelung, durch Blitze, von krachendem Donner begleitet, das gestörte Gleichgewicht der Elektrizität. Die wiederholte Aufstellung einer bestimmten Hypothese gewährt in einer so verwickelten und geheimnisvollen Erscheinung wenigstens den Vorteil, daß die Bestrebungen, dieselbe zu widerlegen, zu einer anhaltenderen und sorgfältigeren Beobachtung der einzelnen Vorgänge anreizen.

Bei der rein objektiven Beschreibung dieser Vorgänge verweilend und hauptsächlich die schöne und einzige Reihe ununterbrochener achtmonatlicher Forschungen benutzend, die wir dem Aufenthalte ausgezeichneter Physiker[111] im äußersten Norden von Skandinavien (1838 bis 1839) verdanken, richten wir zuerst unsere Aufmerksamkeit auf die allmählich am Horizont aufsteigende dunkle Nebelwand, das sogenannte schwarze Segment des Nordlichtes. Die Schwärze ist, wie Argelander bemerkt, nicht eine Folge des Kontrastes, denn sie ist bisweilen früher sichtbar, als der hellleuchtende Bogen sie zu begrenzen anfängt. Es ist ein Prozeß, der in einem Teile des Luftkreises vorgeht, denn nichts beweist bisher eine materielle Beimischung, welche die Verdunkelung erregte. Die kleinsten Sterne erkennt das Fernrohr in dem schwarzen Segment, wie in den farbigen, lichten Teilen des schon völlig entwickelten Nordlichtes. In den höheren Breiten scheint das schwarze Segment weit seltener zu sein als in den mittleren. Bei sehr reinem Himmel im Februar und März, wo das Polarlicht häufig war, fehlte es dort ganz, und Keilhau hat einen vollen Winter lang es in Lappland (zu Talwig) gar nicht gesehen. Durch genaue Bestimmungen von Sternhöhen zeigte Argelander, daß kein Teil des Polarlichtes auf diese Höhen Einfluß ausübt. Auch außerhalb der Segmente erscheinen, doch selten, schwarze Strahlen, die Hansteen[112]

und ich mehrfach haben aufsteigen sehen; mit ihnen erscheinen rundliche schwarze Flecken, welche von Lichträumen eingeschlossen sind und mit denen Siljeström sich besonders beschäftigt hat. Auch in der so seltenen Nordlichtskrone, welche durch Wirkung von linear-perspektivischen Projektionen in ihrem Höhenpunkte der Magnetinklination des Ortes entspricht, ist die Mitte meist von sehr dunkler Schwärze. Bravais hält diese und die schwarzen Strahlen für optische Kontrasttäuschungen. Von den Lichtbogen erscheinen oft mehrere zugleich, in seltenen Fällen 7 bis 9, parallel gegen den Zenith fortschreitend; bisweilen fehlen sie ganz. Die Strahlenbündel und Lichtsäulen nehmen die vielfältigsten Gestalten an: gekrümmt, guirlandenartig ausgezackt, hakenförmig, kurzgeflammt, oder wallenden Segeltüchern ähnlich.

In den hohen Breiten „ist die gewöhnlich herrschende Farbe des Polarlichtes die weiße, ja die milchicht weiße, wenn die Intensität schwach ist. So wie der Farbenton lebhafter wird, geht er ins Gelbe über; die Mitte des breiten Strahles wird hochgelb und an beiden Rändern entsteht abgesondert Rot und Grün. Geht die Strahlung in schmaler Länge vor, so liegt das Rot oben und das Grün unten. Geht die Bewegung seitwärts von der Linken zur Rechten oder umgekehrt, so entsteht immer das Rot nach der Seite hin, wohin sich der Strahl bewegt, und das Grün bleibt zurück." Sehr selten hat man von den grünen oder roten Strahlen eine der Komplementarfarben allein gesehen. Blau sieht man gar nicht, und ein dunkles Rot, wie der Reflex einer Feuersbrunst, ist im Norden so selten, daß Siljeström es nur ein einziges Mal wahrgenommen hat. Die erleuchtende Stärke des Nordlichtes erreicht selbst in Finmark nie ganz die des Vollmondes.

Der schon so lange von mir behauptete wahrscheinliche Zusammenhang des Polarlichtes mit der Bildung „der kleinsten und feinsten Cirruswölkchen (von den Landleuten Schäfchen genannt), deren parallele Reihen in gleichen Abständen voneinander meist der Richtung des magnetischen Meridians folgen", hat in den neuesten Zeiten allerdings viele Verteidiger gefunden; ob aber, wie der nordische Reisende Thienemann und Admiral Wrangel wollen, die gereihten Schäfchen das Substrat des Polarlichtes oder nicht vielmehr, wie Kapitän Franklin, Dr. Richardson und ich vermuten, die Wirkung eines das magnetische Ungewitter begleiten-

den, von demselben erzeugten meteorologischen Prozesses seien, bleibt noch unentschieden.[113] Neben der mit der Magnetdeklination zu vergleichenden Richtung regelmäßig geordneter feinster Cirrushäufchen (bandes polaires) hat mich auf dem mexikanischen Hochlande (1803) und in dem nördlichen Asien (1829) das Umdrehen der Konvergenzpunkte lebhaft beschäftigt. Wenn das Phänomen recht vollständig ist, so bleiben die beiden scheinbaren Konvergenzpunkte nicht fest, der eine in Nordost, der andere in Südwest (in der Richtung der Linie, welche die höchsten Punkte der bei Nacht leuchtenden Bogen des Polarlichtes miteinander verbindet), sondern sie bewegen[114] sich allmählich gegen Ost und West. Eine ganz ähnliche Drehung oder Translation der Linie, welche im wirklichen Nordlicht die Gipfel der Lichtbogen verbindet, indem die Füße der Lichtbogen (Stützpunkte auf dem Horizont) sich im Azimut verändern und von O bis W gegen N bis S wandern, ist mit vieler Genauigkeit einigemal in Finmark[115] beobachtet worden. Die Schäfchen, zu Polarstreifen gereiht, entsprechen nach den hier entwickelten Ansichten der Lage nach den Lichtsäulen oder Strahlenbündeln, welche im Nordlicht aus den meist ostwestlich gerichteten Bogen gegen den Zenith aufsteigen, sind also nicht mit diesen Bogen selbst zu verwechseln, von denen Parry einen nach einer Nordlichtnacht bei hellem Tage erkennbar stehen bleiben sah. Dieselbe Erscheinung hat sich am 3. September 1827 in England wiederholt. Man erkannte bei Tage sogar aus dem Lichtbogen aufschießende Lichtsäulen.[116]

Es ist mehrmals behauptet worden, daß um den nördlichen Magnetpol ein perpetuierlicher Lichtprozeß am Himmelsgewölbe herrsche. Bravais, welcher 200 Nächte ununterbrochen beobachtet hat, in denen 152 Nordlichter genau beschrieben werden konnten, versichert allerdings, daß Nächte ohne Nordschein sehr exzeptionell seien; aber er hat bei sehr heiterer Luft und ganz freier Aussicht auf den Horizont bisweilen nächtlich gar keine Spur des Polarlichtes bemerkt, oder das magnetische Ungewitter erst sehr spät beginnen sehen. Die größte absolute Zahl der Nordlichter gehört dem Ausgang des Monats September an, und da der März eine relative Mehrheit im Vergleich mit Februar und April zu zeigen scheint, so kann man auch hier, wie bei anderen magnetischen Erscheinungen, einen Zusammenhang mit den Aequinoktien vermuten. Zu den Beispielen von den Nordlichtern, die in

Peru, von den Südlichtern, die in Schottland gesehen wurden, muß ein farbiges Nordlicht gezählt werden, welches der Kapitän Lafond auf der Candide am 14. Januar 1831 südlich von Neuholland in 45° Breite volle zwei Stunden lang beobachtete.

Das Geräusch wird von den französischen Physikern und von Siljeström in Bossekop mit eben der Bestimmtheit geleugnet, als von Thienemann, Parry, Franklin, Richardson, Wrangel und Anjou. Die Höhe des Phänomens hat Bravais auf wenigstens 100000 m (51307 Toisen, über 13 geogr. Meilen) geschätzt, wenn ein sonst sehr verdienstvoller Beobachter, Herr Farquharson, sie kaum zu 4000 Fuß (1300 m) anschlug. Die Fundamente aller dieser Bestimmungen sind sehr unsicher und durch optische Täuschungen wie durch Voraussetzungen über die reelle Identität des gleichzeitig an zwei entfernten Orten gesehenen Lichtbogens verunstaltet. Unbezweifelt dagegen ist der Einfluß des Nordlichtes auf Deklination, Inklination, horizontale und totale Intensität, also auf alle Elemente des Erdmagnetismus; doch in verschiedenen Stadien der großen Erscheinungen und bei einzelnen jener Elemente sehr ungleichartig. Die ausführlichsten Untersuchungen darüber sind die lappländischen von zwei verdienstvollen Beobachtern, Siljeström und Bravais (1838 bis 1839), wie die kanadischen von Toronto (1840 bis 1841), welche Sabine so scharfsinnig diskutiert hat. Bei unseren verabredeten gleichzeitigen Beobachtungen, die in Berlin (im Mendelssohn-Bartholdyschen Garten), in Freiburg unter der Erde, in Petersburg, Kasan und Nikolajew angestellt wurden, wirkte das zu Alford in Aberdeenshire (Br. 57° 15′) gesehene Nordlicht vom 19. und 20. Dezember an allen diesen Orten auf die Abweichung; an einigen, in denen auch andere Elemente des tellurischen Magnetismus untersucht werden konnten, auf Abweichung, Intensität und Inklination zugleich.[117] Während des schönen Nordlichtes, das Professor Forbes in Edinburg am 21. März 1833 beobachtete, wurde in dem Bergwerk zu Freiberg die Inklination auffallend klein und die Abweichung so gestört, daß man kaum den Winkel ablesen konnte. Ein Phänomen, das einer besonderen Aufmerksamkeit wert scheint, ist eine Abnahme der totalen Intensität während der zunehmenden Thätigkeit des Nordlichtprozesses. Die Messungen, welche ich mit Oltmanns in Berlin während eines schönen Nordlichtes am 20. Dezember 1806 gemacht[118] und welche sich in Hansteens „Untersuchungen

über den Magnetismus der Erde" abgedruckt finden, wurden von Sabine und den französischen Physikern in Lappland 1838 bestätigt.[119]

Wenn in dieser sorgfältigen Entwickelung des dermaligen Zustandes unserer positiven Kenntnisse von den Erscheinungen des Erdmagnetismus ich mich auf eine bloß objektive Darstellung da habe beschränken müssen, wo selbst eine nur auf Induktion und Analogieen gegründete theoretische Gedankenverbindung noch nicht befriedigend dargeboten werden kann, so habe ich in meiner Arbeit ebenso absichtlich die geognostischen Wagnisse vermieden, in denen man die Richtung großer Gebirgszüge und geschichteter Gebirgsmassen in ihrer Abhängigkeit von der Richtung magnetischer Linien, besonders der isoklinischen und isodynamischen betrachtet. Ich bin weit davon entfernt, den Einfluß aller kosmischen Urkräfte, der dynamischen und chemischen, wie magnetischer und elektrischer Strömungen auf die Bildung kristallinischer Gebirgsarten und Ausfüllung von Gangspalten zu leugnen, aber bei der fortschreitenden Bewegung aller magnetischen Linien und ihrer Gestaltveränderung im Fortschreiten kann ihre dermalige Lage uns wohl nicht über die Richtungsverhältnisse der in der Urzeit zu sehr verschiedenen Epochen gehobenen Gebirgsketten, über die Faltung der sich erhärtenden, Wärme ausströmenden Erdrinde belehren.

Anderer Art, nicht den Erdmagnetismus im allgemeinen, sondern nur sehr partielle, örtliche Verhältnisse berührend, sind diejenigen geognostischen Erscheinungen, welche man mit dem Namen des Gebirgsmagnetismus bezeichnen kann. Sie haben mich auf das lebhafteste vor meiner amerikanischen Reise bei Untersuchungen über den polarischen Serpentinstein des Haidberges in Franken (1796) beschäftigt, und sind damals in Deutschland Veranlassung zu vielem, freilich harmlosen litterarischen Streite geworden. Sie bieten eine Reihe sehr zugänglicher, aber in neuerer Zeit vernachlässigter, durch Beobachtung und Experiment überaus unvollkommen gelöster Probleme dar. Die Stärke des Gesteinmagnetismus kann in einzelnen abgeschlagenen Fragmenten von Hornblende- und Chloritschiefer, Serpentin, Syenit, Dolerit, Basalt, Melaphyr und Trachyt durch Abweichung der Nadel und durch Schwingungsversuche zur Bestimmung der Intensitätszunahme geprüft werden. Man kann auf diesem Wege durch Vergleichung des spezifischen Gewichtes, durch Schlemmung der fein gepulverten Masse und Anwendung des Mikroskops entscheiden, ob die Stärke der

Polarität nicht mehrfach statt von der Quantität der eingemengten Körner Magneteisens und Eisenoxyduls, von der relativen Stellung dieser Körner herrühre. Wichtiger aber in kosmischer Hinsicht ist die von mir längst wegen des Haidberges angeregte Frage, ob es ganze Gebirgsrücken gibt, in denen nach entgegengesetzten Abfällen eine entgegengesetzte Polarität[120] gefunden wird? Eine genaue astronomische Orientierung der Lage solcher Magnetachsen eines Berges wäre dann von großem Interesse, wenn nach beträchtlichen Zeitperioden entweder eine Veränderung der Achsenrichtung oder eine wenigstens scheinbare Unabhängigkeit eines solchen kleinen Systems magnetischer Kräfte von den drei variablen Elementen des totalen Erdmagnetismus erkannt würde.

Anmerkungen.

[1] (S. 13.) „La loi de l'attraction réciproque au carré de la distance est celle des émanations qui partent d'un centre. Elle paraît être la loi de toutes les forces dont l'action se fait apercevoir *à des distances* sensibles, comme on l'a reconnu dans les forces électriques et magnétiques. Une des propriétés remarquables de cette loi est que, si les dimensions de tous les corps de l'univers, leurs distances mutuelles et leurs vitesses venaient à croître ou à diminuer proportionnellement, ils décriraient des courbes entièrement semblables à celles qu'ils décrivent: en sorte que l'univers, réduit ainsi successivement jusqu'au plus petit espace imaginable, offrirait toujours les mêmes apparences aux observateurs. Ces apparences sont par conséquent indépendantes des dimensions de l'univers, comme, en vertu de la loi de la proportionalité de la force à la vitesse, elles sont indépendantes du mouvement absolu qu'il peut y avoir dans l'espace.“ Laplace, Exposition du Syst. du Monde (5ème éd.), p. 385.

[2] (S. 15.) Auf die theoretischen Arbeiten jener Zeit sind gefolgt die von Maclaurin, Clairaut und d'Alembert, von Legendre und Laplace. Der letzteren Epoche ist beizuzählen das (1834) von Jacobi aufgestellte Theorem, daß Ellipsoide mit drei ungleichen Achsen ebensogut unter gewissen Bedingungen Figuren des Gleichgewichtes sein können als die beiden früher angegebenen Umdrehungsellipsoide.

[3] (S. 16.) Die erste genaue Vergleichung einer großen Zahl von Gradmessungen (der vom Hochlande von Quito, zweier ostindischer, der französischen, englischen und neuen lappländischen) wurde im 19. Jahrhundert mit vielem Glücke von Walbeck in Åbo 1819 unternommen. Er fand den mittleren Wert für die Abplattung $\frac{1}{302.781}$, für den Meridiangrad 57009,758[t]. Leider! ist seine Arbeit (die Abhandlung De forma et magnitudine telluris) nicht vollständig erschienen. Durch eine ehrenvolle Aufforderung von Gauß angeregt, hat dieselbe Eduard Schmidt in seinem ausgezeichneten Lehrbuche der mathematischen Geographie wiederholt und

verbessert, indem er sowohl die höheren Potenzen der Abplattung als die in Zwischenpunkten beobachteten Polhöhen berücksichtigte, auch die hannöversche Gradmessung, wie die von Biot und Arago bis Formentera verlängerte hinzufügte. Die Resultate erschienen, allmählich vervollkommnet, in drei Formen: in Gauß, Bestimmung der Breitenunterschiede von Göttingen und Altona 1828, S. 82; in Eduard Schmidts Lehrbuch der mathem. und phys. Geographie 1829, Tl. I, S. 183 und 194—199, und endlich in der Vorrede zu diesem Buche, S. V. Das letzte Resultat ist: Meridiangrad 57008,655ᵗ; Abplattung $\frac{1}{297,479}$. Der ersten Besselschen Arbeit ging (1830) unmittelbar voraus die wichtige Schrift Airys: Figure of the Earth, in der Encyclopaedia metropolitana, Edit. von 1829, p. 220 und 239. (Halbe Polarachse 20853810 feet = 3261163,7 Toisen, halbe Aequatorialachse 20923713 feet = 3272095,2 Toisen, Meridianquadrant 32811980 feet = 5131208,0 Toisen, Abplattung $\frac{1}{298,33}$.) Unser großer Königsberger Astronom hat sich ununterbrochen in den Jahren 1836 bis 1842 mit Berechnungen über die Figur der Erde beschäftigt; und da seine frühere Arbeit von ihm durch spätere verbessert wurde, so ist die Vermengung der Resultate von Untersuchungen aus verschiedenen Zeitepochen in vielen Schriften eine Quelle der Verwirrung geworden. Bei Zahlen, die ihrer Natur nach abhängig voneinander sind, ist eine solche Vermengung, überdies noch verschlimmert durch fehlerhafte Reduktionen der Maße (Toisen, Meter, engl. Fuße, Meilen von 60 und 69 auf den Aequatorialgrad), um so bedauernswürdiger, als dadurch Arbeiten, welche einen großen Aufwand von Anstrengung und Zeit gekostet haben, in dem unvorteilhaftesten Lichte erscheinen. Im Sommer 1837 gab Bessel zwei Abhandlungen heraus: die eine über den Einfluß der Unregelmäßigkeit der Erdgestalt auf geodätische Arbeiten und ihre Vergleichung mit den astronomischen Bestimmungen, die andere über die den vorhandenen Messungen von Meridianbogen am meisten entsprechenden Achsen des elliptischen Rotationssphäroides. Resultate der Berechnung waren: halbe große Achse 3271953,854ᵗ; halbe kleine Achse 3261072,900ᵗ; Länge eines mittleren Meridiangrades, d. h. des neunzigsten Teiles des Erdquadranten (in der auf dem Aequator senkrechten Richtung), 57011,453ᵗ. Ein von Puissant aufgefundener Fehler von 68 Toisen in der Berechnungsart, welche im Jahre 1808 von einer Kommission des Nationalinstitutes angewandt war, um die Entfernung der Parallele von Montjouy bei Barcelona und Mola auf Formentera zu bestimmen, veranlaßte Bessel im Jahre 1841, seine frühere Arbeit über die Dimensionen des Erdkörpers einer neuen Revision zu unterwerfen. Es ergab dieselbe für die Länge des Erdquadranten 5131179,81ᵗ (statt daß bei der ersten Bestimmung des Meters 5130740 Toisen angenommen worden waren), und für

die mittlere Länge eines Meridiangrades 57013,109ᵗ (um 0,611ᵗ mehr als der Meridiangrad unter 45° Breite). Die im Texte angeführten Zahlen sind die Resultate dieser letzten Besselschen Untersuchung. Die 5131180 Toisen Länge des Meridianquadranten (mit einem mittleren Fehler von 255,63ᵗ) sind = 10000856 m; der ganze Erdumkreis ist also gleich 40003423 m (oder 5390,98 geographischen Meilen). Der Unterschied von der ursprünglichen Annahme der Commission des poids et mesures, nach welcher das Meter der vierzigmillionste Teil des Erdumfanges sein sollte, beträgt also für den Erdenumkreis 3423 m oder 1756,27ᵗ, fast eine halbe geograph. Meile (genau 46/100). Nach der frühesten Bestimmung war die Länge des Meters festgesetzt zu 0,5130740ᵗ; nach Bessels letzter Bestimmung soll dasselbe gleich 0,5131180ᵗ sein. Der Unterschied für die Länge des Meters ist also 0,038 Pariser Linien. Das Meter hätte nach Bessel, statt zu 443,296 Pariser Linien, was seine dermalige legale Geltung ist, zu 443,334 festgesetzt werden sollen.

[4] (S. 16.) Eine sehr genaue und um so wichtigere Parallelgradmessung, als sie zur Vergleichung des Niveaus des Mittelländischen und Atlantischen Meeres geführt hat, ist auf den Parallelkreisen der Pyrenäenkette von Coraboeuf, Delcros und Peytier ausgeführt worden.

[5] (S. 18.) „Il est très remarquable qu'un Astronome, sans sortir de son observatoire, en comparant seulement ses observations à l'analyse, eût pu déterminer exactement la grandeur et l'aplatissement de la terre, et sa distance au soleil et à la lune, élémens dont la connaissance a été le fruit de longs et pénibles voyages dans les deux hémisphères. Ainsi la lune, par l'observation de ses mouvements, rend sensible à l'Astronomie perfectionnée l'*ellipticité* de la terre, dont elle fit connaitre la *rondeur* aux premiers Astronomes par ses éclipses." (Laplace, Expos. du Syst. du Monde p. 230.) Wir haben bereits oben (Kosmos Bd. III, S. 355) eines fast analogen optischen Vorschlags von Arago erwähnt, gegründet auf die Bemerkung, daß die Intensität des aschfarbenen Lichtes, d. h. des Erdenlichtes, im Monde uns über den mittleren Zustand der Diaphanität unserer ganzen Atmosphäre belehren könne. Vergl. auch Airy in der Encycl. metrop. p. 189 und 236 über Bestimmung der Erdabplattung durch die Bewegungen des Mondes, wie p. 231—235 über Rückschlüsse auf die Gestalt der Erde aus Präzession und Nutation. Nach Biots Untersuchungen würde die letztere Bestimmung für die Abplattung nur Grenzzahlen geben können $\left(\frac{1}{304}\right.$ und $\left.\frac{1}{578}\right)$, die sehr weit voneinander entfernt liegen.

[6] (S. 18.) Am frühesten ist wohl die Anwendung des Isochronismus der Pendelschwingungen in den astronomischen Schriften der Araber von Eduard Bernard in England erkannt worden.

[7] (S. 19.) Es ist kaum wahrscheinlich, daß die in der Pariser Akademie schon vor 1671 geäußerte Vermutung über eine nach Breitengraden sich verändernde Intensität der Schwerkraft dem großen Huygens angehöre, der allerdings schon 1669 der Akademie seinen Discours sur la cause de la gravité vorgelegt hatte. Nicht in dieser Abhandlung, sondern in den Additamentis, von denen eines nach dem Erscheinen von Newtons Prinzipien, deren Huygens erwähnt (also nach 1687), muß vollendet worden sein, spricht dieser von der Verkürzung des Sekundenpendels, die Richer in Cayenne vornehmen mußte. Er sagt selbst: „Maxima pars hujus libelli scripta est, cum Lutetiae degerem (bis 1681), ad eum usque locum, ubi de alteratione, quae pendulis accidit e motu Terrae.“ Vergl. die Erläuterung, welche ich gegeben im Kosmos Bd. II, S. 352, Anm. 226. Die von Richer in Cayenne angestellten Beobachtungen wurden, wie ich im Texte erwähnt habe, erst 1679, also volle 6 Jahre nach seiner Rückkunft, veröffentlicht; und, was am auffallendsten ist, in den Registern der Académie des Inscriptions geschieht während dieser langen Zeit von Richers wichtiger zweifacher Beobachtung der Pendeluhr und eines einfachen Sekundenpendels keine Erwähnung. Wir wissen nicht, wann Newton, dessen früheste theoretische Spekulationen über die Figur der Erde höher als 1665 hinaufreichen, zuerst Kenntnis von Richers Resultaten erhalten hat. Von Picards Gradmessung, die schon 1671 veröffentlicht erschien, soll Newton erst sehr spät, 1682, und zwar „zufällig durch Gespräche in einer Sitzung der Royal Society, der er beiwohnte“, Kenntnis erlangt haben, eine Kenntnis, welche, wie Sir David Brewster gezeigt, einen überaus wichtigen Einfluß auf seine Bestimmung des Erddurchmessers und des Verhältnisses des Falles der Körper auf unserem Planeten zu der Kraft, welche den Mond in seinem Laufe lenkte, ausgeübt hat. Ein ähnlicher Einfluß auf Newtons Ideen läßt sich von der Kenntnis der elliptischen Gestalt des Jupiter voraussetzen, welche Cassini schon vor 1666 erkannte, aber erst 1691 beschrieb. Sollte von einer viel früheren Publikation, von welcher Lalande einige Bogen in den Händen Maraldis sah, Newton etwas erfahren haben? Bei den gleichzeitigen Arbeiten von Newton, Huygens, Picard und Cassini ist es, wegen der damals gewöhnlichen Zögerung in der Publikation und oft durch Zufall verspäteten Mitteilung, schwer, auf sichere Spuren des wissenschaftlichen Ideenverkehrs zu gelangen.

[8] (S. 20.) Vgl. Biot, Astronomie physique T. II, (1844), p. 464 mit Kosmos Bd. I, S. 293, Ende der Anmerkung 95 und Bd. III, S. 308, wo ich die Schwierigkeiten berühre, welche die Vergleichung der Rotationszeit der Planeten mit ihrer beobachteten Abplattung darbietet. Auch Schubert hat schon auf diese Schwierigkeit aufmerksam gemacht. Bessel in seiner Abhandlung über Maß und Gewicht sagt ausdrücklich, „daß die Voraussetzung des Gleichbleibens der Schwere an einem Messungsorte

durch neuere Erfahrungen über die langsame Erhebung großer Teile der Erdoberfläche einigermaßen unsicher geworden ist".

[9] (S. 20.) Airy zählte im Jahre 1830 an fünfzig verschiedene Stationen mit sicheren Resultaten, und vierzehn andere (von Bouguer, Legentil, Lacaille, Maupertuis, la Croyère), die mit den vorigen an Genauigkeit nicht verglichen werden können.

[10] (S. 21.) Sabine findet aus allen 13 Stationen seiner Pendelexpedition, trotz ihrer so großen Zerstreutheit in der nördlichen Erdhälfte, $\frac{1}{288,3}$; aus diesen, vermehrt mit allen Pendelstationen des British Survey und der französischen Gradmessung (von Formentera bis Dünkirchen), im ganzen also durch Vergleichung von 25 Beobachtungspunkten, wiederum $\frac{1}{288,9}$. Auffallender ist es, wie schon der Admiral Lütke bemerkt, daß, von der atlantischen Region weit westlich entfernt, in den Meridianen von Petropawlowsk und Nowo Archangelsk die Pendellängen eine noch viel stärkere Abplattung, die von $\frac{1}{267}$, geben. Wie die früher allgemein angewandte Theorie des Einflusses von der das Pendel umgebenden Luft zu einem Rechnungsfehler führe und eine, schon 1786 vom Chevalier de Buat etwas undeutlich angegebene Korrektion notwendig mache (wegen Verschiedenheit des Gewichtsverlustes fester Körper, wenn sie in einer Flüssigkeit in Ruhe oder schwingender Bewegung sind), hat Bessel mit der ihm eigenen Klarheit analytisch entwickelt in den Untersuchungen über die Länge des einfachen Sekundenpendels, S. 32, 63 und 126—129. „Bewegt sich ein Körper in einer Flüssigkeit (Luft), so gehört auch diese mit zum bewegenden Systeme; und die bewegende Kraft muß nicht bloß auf die Massenteile des festen bewegten Körpers, sondern auch auf alle bewegten Massenteile der Flüssigkeit verteilt werden." Ueber die Versuche von Sabine und Baily, zu welchen Bessels praktisch wichtige Pendelkorrektion (Reduktion auf den leeren Raum) Anlaß gegeben hatte, s. John Herschel im Memoir of Francis Baily 1845, p. 17—21.

[11] (S. 21.) Vergl. für die Inselphänomene Sabine, Pend. Exper. 1825, p. 237 und Lütke, Observ. du Pendule invariable, exécutées de 1826—1829, p. 241. Dasselbe Werk enthält eine merkwürdige Tabelle über die Natur der Gebirgsarten in 16 Pendelstationen (p. 239) von Melville-Insel (Breite 79° 50′ N.) bis Valparaiso (Breite 33° 2′ S.).

[12] (S. 21.) Eduard Schmidt hat unter den vielen Pendelbeobachtungen, welche auf den Korvetten Descubierta und Atrevida unter Malaspinas Oberbefehl angestellt wurden, die 13 Stationen abgesondert, welche der südlichen Halbkugel angehören, und im Mittel eine Abplattung von $\frac{1}{280,34}$ gefunden. Mathieu folgerte auch aus Lacailles Beobachtungen am Vorgebirge der guten Hoffnung und auf Ile de France, mit Paris verglichen,

$\frac{1}{284,4}$; aber die Meßapparate damaliger Zeit boten nicht die Sicherheit dar, welche die Vorrichtungen von Borda und Kater und die neueren Beobachtungsmethoden gewähren. — Es ist hier der Ort, des schönen, den Scharfsinn des Erfinders so überaus ehrenden Experimentes von Foucault zu erwähnen, welches den sinnlichen Beweis von der Achsendrehung der Erde mittels des Pendels liefert, indem die Schwingungsebene desselben sich langsam von Osten nach Westen dreht. Abweichungen gegen Osten in den Fallversuchen von Benzenberg und Reich auf Kirchtürmen und in Schachten erfordern eine sehr beträchtliche Fallhöhe, während Foucaults Apparat schon bei sechs Fuß Pendellänge die Wirkung der Erdrotation bemerkbar macht. Erscheinungen, welche aus der Rotation erklärt werden (wie Richers Uhrgang in Cayenne, tägliche Aberration, Ablenkung der Projektile, Passatwinde), sind wohl nicht mit dem zu verwechseln, was zu jeder Zeit durch Foucaults Apparat hervorgerufen wird, und wovon, ohne es weiter zu verfolgen, die Mitglieder der Academia del Cimento scheinen etwas erkannt zu haben.

[13] (S. 22.) Im griechischen Altertum wurden zwei Gegenden der Erde bezeichnet, in denen auf merkwürdige Anschwellungen der Oberfläche nach den damals herrschenden Meinungen geschlossen wurde: der hohe Norden von Asien und das Land unter dem Aequator. „Die hohen und nackten skythischen Ebenen,“ sagt Hippokrates, „ohne von Bergen gekrönt zu sein, verlängern und erheben sich bis unter den Bären.“ Derselbe Glaube wurde schon früher dem Empedokles zugeschrieben. Aristoteles sagt, daß die älteren Meteorologen, welche die Sonne „nicht unter der Erde, sondern um dieselbe herumführten“, die gegen den Norden hin angeschwollene Erde als eine Ursache betrachteten von dem Verschwinden der Sonne oder des Nachtwerdens. Auch in der Kompilation der Probleme wird die Kälte des Nordwindes der Höhe des Bodens in dieser Weltgegend zugeschrieben. In allen diesen Stellen ist nicht von Gebirgen, sondern von Anschwellung des Bodens in Hochebenen die Rede. Ich habe bereits an einem anderen Orte gezeigt, daß Strabo, welcher allein sich des so charakteristischen Wortes ὀροπέδια bedient, für Armenien, für das von wilden Eseln bewohnte Lykaonien und für Oberindien, im Goldlande der Darden, die Verschiedenheit der Klimate durch geographische Breite überall von der unterscheidet, welche der Höhe über dem Meere zugeschrieben werden muß. „Selbst in südlichen Erdstrichen,“ sagt der Geograph von Amasia, „ist jeder hohe Boden, wenn er auch eine Ebene ist, kalt.“ — Für die sehr gemäßigte Temperatur unter dem Aequator führen Eratosthenes und Polybius nicht allein den schnelleren Durchgang der Sonne, sondern vorzugsweise die Anschwellung des Bodens an. Beide behaupten nach dem Zeugnis des Strabo, „daß der dem Gleicher unterliegende Erdstrich der höchste sei, weshalb er auch beregnet werde, da bei dem Eintreten

der nach den Jahreszeiten wechselnden Winde sehr viel nördliches Gewölk an der Höhe anhinge". Von diesen beiden Meinungen über die Erhöhung des Bodens im nördlichen Asien (dem skythischen Europa des Herodot) und in der Aequatorialzone hat die erste, mit der dem Irrtum eigentümlichen Kraft, fast zweitausend Jahre sich erhalten, und zu der geologischen Mythe von dem ununterbrochenen tatarischen Hochlande nördlich vom Himalaya Anlaß gegeben, während daß die andere Meinung nur gerechtfertigt werden konnte für eine in Asien außerhalb der Tropenzone belegene Gegend, für die kolossale „Hoch- oder Gebirgsebene Meru", welche in den ältesten und edelsten Denkmälern indischer Poesie gefeiert wird. Ich habe geglaubt, in diese umständliche Entwickelung eingehen zu müssen, um die Hypothese des geistreichen Fréret zu widerlegen, der, ohne Stellen griechischer Schriftsteller anzuführen, und nur auf eine einzige vom Tropenregen anspielend, jene Meinungen von lokalen Anschwellungen des Bodens auf Abplattung oder Verlängerung der Pole deutet. „Pour expliquer les pluyes," sagt Fréret (Mém. de l'Acad. des Inscriptions T. XVIII, 1753, p. 112), „dans les régions équinoxiales que les conquêtes d'Alexandre firent connoître, on imagina des courans qui poussoient les nuages des pôles vers l'équateur, où, au défaut des montagnes qui les arrêtoient, les nuages l'étaient par la hauteur générale de la Terre, dont la surface sous l'équateur se trouvoit plus éloignée du centre que sous les pôles. Quelques physiciens donnèrent au globe la figure d'un sphéroïde renflé sous l'équateur et aplati vers les pôles. Au contraire dans l'opinion de ceux des anciens qui croyoient la terre alongée aux pôles, le pays voisin des pôles se trouvoit plus éloigné du centre que sous l'équateur." Ich kann kein Zeugnis des Altertums auffinden, welches diese Behauptungen rechtfertigte. Im dritten Abschnitt des ersten Buches des Strabo heißt es ausdrücklich: „Nachdem Eratosthenes gesagt hat, daß die ganze Erde kugelförmig sei, doch nicht wie von der Drehbank (ein Ausdruck, dem Herodot entlehnt), und manche Abweichungen habe, führt er viele Umgestaltungen an, welche durch Wasser und Feuer, durch Erdbeben, unterirdische Windstöße (elastische Dämpfe?) und andere dergleichen Ursachen erfolgen, aber auch hier die Ordnung nicht beachtend. Denn die Kugelrundung um die ganze Erde erfolgt aus der Anordnung des Ganzen, und solche Umgestaltungen verändern das Ganze der Erde gar nicht; das Kleine verschwindet im Großen." Später heißt es, immer nach Groskurds sehr gelungener Uebersetzung, „daß die Erde mit der See kugelförmig sei, und eine und dieselbe Oberfläche bilde mit den Meeren. Das Hervorragende des Landes, welches unbedeutend ist und unbemerkt bleiben kann, verliert sich in solcher Größe, so daß wir die Kugelgestalt in solchen Fällen nicht so bestimmen wie nach der Drehbank, auch nicht wie der Meßkünstler nach dem Begriffe,

sondern nach sinnlicher und zwar gröberer Wahrnehmung". „Die Welt ist zugleich ein Werk der Natur und der Vorsehung; Werk der Natur, indem alles gegen einen Punkt, die Mitte des Ganzen, sich zusammenneigt, und sich um denselben rundet, das weniger Dichte (das Wasser) das Dichtere enthaltend." Wo bei den Griechen von der Figur der Erde gehandelt wird, heißt es bloß, daß man sie mit einer flachen oder in der Mitte vertieften Scheibe, mit einem Cylinder (Anaximander), mit einem Kubus, einer Pyramide verglichen; und endlich allgemein, trotz des langen Streites der Epikureer, welche die Anziehung nach dem Centrum leugneten, für eine Kugel gehalten habe. Die Idee der Abplattung hat sich der Phantasie nicht dargeboten. Die längliche Erde des Demokritus war nur die in einer Dimension verlängerte Scheibe des Thales. Der Paukenform, τὸ σχῆμα τυμπανοειδές, welche vorzugsweise dem Leucippus zugeschrieben wird, liegt schon zum Grunde die Vorstellung einer Halbkugel mit ebener Basis, welche vielleicht den Gleicher bezeichnet, während die Krümmung als die οἰκουμένη gedacht wurde. Eine Stelle des Plinius über die Perlen erläutert diese Gestaltung, wogegen Aristoteles nur eine Vergleichung von Kugelsegmenten mit dem Tympan darbietet, wie auch aus dem Kommentar des Olympiodor erhellt. Ich habe absichtlich in dieser Uebersicht nicht zweier mir wohlbekannten Stellen des Agathemer und des Eusebius gedacht, weil sie beweisen, mit welcher Ungenauigkeit oft spätere Schriftsteller den Alten Meinungen zuschreiben, die denselben ganz fremd waren. „Eudoxus soll nach diesen Angaben der Erdscheibe eine Länge und Breite im Verhältnis der Dimensionen wie 1 zu 2 gegeben haben; ebenso Dikäarch, der Schüler des Aristoteles, welcher doch eigene Beweise für die Kugelgestalt der Erde vortrug. Hipparch habe die Erde für τραπεζοειδής und Thales für eine Kugel gehalten!"

[14] (S. 22.) „Mir scheint es oft, als nenne man bisweilen die Abplattung der Erde fast nur deshalb etwas zweifelhaft, weil man zu große Genauigkeit erreichen will. Nimmt man die Abplattungen zu $\frac{1}{310}$, $\frac{1}{300}$, $\frac{1}{290}$, $\frac{1}{280}$; so erhält man den Unterschied beider Halbmesser gleich 10554, 10905, 11281 und 11684 Toisen. Das Schwanken von 30 Einheiten im Nenner erzeugt nur ein Schwanken von 1130 Toisen in dem Polarhalbmesser, eine Größe, die vergleichungsweise mit den sichtbaren Ungleichheiten der Oberfläche der Erde so wenig wesentlich erscheint, daß ich wirklich oft erstaune, wie die Experimente noch innerhalb solcher Grenzen zusammenstimmen. Zerstreute Beobachtungen, auf weiten Flächen vereinzelt, werden uns allerdings wenig mehr lehren, als wir schon wissen; aber wichtig wäre es, wenn man alle Messungen über die ganze Oberfläche von Europa miteinander verbände und alle astronomisch bestimmten Punkte in diese Operation hineinzöge." (Bessel in einem Briefe an mich vom Dezember 1828.) Nach

diesem Vorschlage würde man aber doch nur die Erdgestaltung von dem kennen lernen, was man als die gegen Westen vortretende Peninsulargliederung des großen asiatischen Kontinentes in kaum 66½ Längengeraden betrachten kann. — Die Steppen des nördlichen Asiens, selbst die mittlere Kirgisensteppe, von der ich einen beträchtlichen Teil gesehen, sind oft hügelig und in Hinsicht der Raumverhältnisse ununterbrochener Söhligkeit im großen keineswegs mit den Pampas von Buenos Ayres und den Llanos von Venezuela zu vergleichen. Diese letzteren, weit von Gebirgsketten entfernt, und in der nächsten Erdrinde mit Flözformationen und Tertiärschichten von sehr gleicher und geringer Dichtigkeit bedeckt, würden durch Anomalieen in den Ergebnissen der Pendelschwingungen sehr reine und sehr entscheidende Resultate über die örtliche Konstitution der tiefen inneren Erdschichten liefern können.

[15] (S. 23.) Bouguer, welcher La Condamine zu dem Experimente über die Ablenkung der Lotlinie durch den Chimborazo aufforderte, erwähnt allerdings des Vorschlages von Newton nicht. Leider! beobachtete der unterrichtetste der beiden Reisenden nicht an entgegengesetzten Seiten des kolossalen Berges, in Osten und Westen, sondern (Dez. 1738) in zwei Stationen an einer und derselben Seite, einmal in der Richtung Süd 61½° West (Entfernung vom Centrum der Gebirgsmasse 4572 Toisen = 8911 m), und dann in Süd 16° West (Entfernung 1753 Toisen = 3386 m). Die erste Station lag in einer mir wohlbekannten Gegend, wahrscheinlich unter der Höhe, wo der kleine Alpensee Yana-Cocha sich befindet; die andere in der Bimssteinebene des Arenal. Die Ablenkung, welche die Sternhöhen angaben, war gegen alle Erwartung nur 7,5″: was von den Beobachtern selbst der Schwierigkeit der Beobachtung (der ewigen Schneegrenze so nahe), der Ungenauigkeit der Instrumente, und vor allem den vermuteten großen Höhlungen des kolossalen Trachytberges zugeschrieben wurde. Gegen diese Annahme sehr großer Höhlungen und die deshalb vermutete sehr geringe Masse des Trachytdomes des Chimborazo habe ich aus geologischen Gründen manchen Zweifel geäußert. Süd-süd-östlich vom Chimborazo, nahe bei dem indischen Dorfe Calpi, liegt der Eruptionskegel Yana-Urcu, welchen ich mit Bonpland genau untersucht und welcher gewiß neueren Ursprungs als die Erhebung des großen glockenförmigen Trachytberges ist. An dem letzteren ist von mir und Boussingault nichts Kraterartiges aufgefunden worden.

[16] (S. 23.) Die neuesten Versuche meines vortrefflichen Freundes, des Prof. Reich, nähern sich etwas mehr der schönen Arbeit von Baily. Ich habe das Mittel (5,5772) gezogen aus den Versuchsreihen: a) mit der Zinnkugel und dem längeren, dickeren Kupferdrahte, 5,5712, bei wahrscheinlichem Fehler von 0,0113; b) mit der Zinnkugel und dem kürzeren, dünneren Kupferdraht, wie

mit der Zinnkugel und dem bifilaren Eisendraht, 5,5832, bei wahrscheinlichem Fehler von 0,0149. Mit Berücksichtigung dieser Fehler in a und b ist das Mittel 5,5756. Das Resultat von Baily (5,660), freilich durch zahlreichere Versuche erhalten, könnte doch wohl eine etwas zu große Dichtigkeit geben, da es scheinbar um so mehr anwuchs, als die angewandten Kugeln (Glas oder Elfenbein) leichter waren. — Die Bewegung des Torsionsbalkens wurde von Baily nach dem Vorgange von Reich mittels des Bildes beobachtet, welches, wie bei den magnetischen Beobachtungen von Gauß, ein an der Mitte des Balkens befestigter Spiegel von einer Skale reflektierte. Der so überaus wichtige, die Genauigkeit des Ablesens vermehrende Gebrauch eines solchen Spiegels ist von Poggendorff schon im Jahre 1826 vorgeschlagen worden.

[17] (S. 24.) Das mittlere spezifische Gewicht des Granites ist höchstens auf 2,7 anzuschlagen, da der zweiachsige weiße Kaliglimmer und der grüne einachsige Magnesiaglimmer 2,85 bis 3,1 und die übrigen Bestandteile der Gebirgsart, Quarz und Feldspat, 2,56 und 2,65 sind. Selbst Oligoklas hat nur 2,68. Wenn auch Hornblende bis 3,17 steigt, so bleibt der Syenit, in welchem Feldspat stets vorwaltet, doch tief unter 2,8. Da Thonschiefer 2,69 bis 2,78, unter den Kalksteinen nur reiner Dolomit 2,88 erreicht, Kreide 2,72, Gips und Steinsalz 2,3, so halte ich die Dichtigkeit der uns erkennbaren Kontinentalrinde der Erde für näher an 2,6 als an 2,4. Laplace hat, in der Voraussetzung, daß die Dichtigkeit von der Oberfläche nach dem Mittelpunkte in arithmetischer Progression zunehme, und unter der, gewiß irrigen Annahme, daß die Dichtigkeit der oberen Schicht = 3 ist, für die mittlere Dichtigkeit der ganzen Erde 4,7647 gefunden, welches bedeutend von den Resultaten von Reich 5,577 und Baily 5,660 abweicht, weit mehr, als die wahrscheinlichen Fehler der Beobachtung gestatten. Durch eine neue Diskussion der Hypothese von Laplace in einer interessanten Abhandlung, welche bald in Schumachers Astronom. Nachrichten erscheinen wird, ist Plana zu dem Resultate gelangt, daß durch eine veränderte Behandlung dieser Hypothese sowohl die Reichsche mittlere Dichtigkeit der Erde als die von mir auf 1,6 geschätzte Dichtigkeit der trockenen und ozeanischen Oberflächenschicht, sowie die Elliptizität, innerhalb der für die letztere Größe wahrscheinlichen Grenzen, sehr angenähert dargestellt werden können. „Si la compressibilité des substances dont la Terre est formée (sagt der Turiner Geometer), a été la cause qui a donné à ses couches des formes régulières, à peu près elliptiques, avec une densité croissante depuis la surface jusqu'au centre; il est permis de penser que ces couches, en se consolidant, ont subi des modifications, à la vérité fort petites, mais assez grandes pour nous empêcher de pouvoir dériver, avec toute l'exactitude que l'on pourrait souhaiter, l'état de la Terre solide de son état antérieur de fluidité. Cette réflexion m'a fait apprécier davan-

tage la première hypothèse, proposée par l'auteur de la *Mècanique céléste*, et je me suis décidé à la soumettre à une nouvelle discussion."

[18] (S. 26.) Die von Walferdin mitgeteilten Beobachtungen sind von dem Herbst 1847. Sie sind sehr wenig abweichend von den Resultaten, welche ebenfalls mit dem Walferdinschen Apparate Arago 1840 erhielt in 505 m Tiefe, als der Bohrer eben die Kreide verlassen hatte und in den Gault einzudringen anfing.

[19] (S. 27.) Jetzt ist der tiefste Schacht das Bohrloch auf Salz zu Sperenberg in Preußen; es erreicht eine Tiefe von 1272 m, und da sich der Aufschlagpunkt in einer Seehöhe von nur 72 m befindet, von 1200 m unter dem Niveau des Meeresspiegels. [D. Herausg.]

[20] (S. 27.) Nach Julius Hanns neueren Ermittelungen erfolgt die Wärmezunahme im Verhältnis von 1° C. für je 33,7 m, oder die Wärmezunahme pro 100 m ist 2,97°, also ganz nahe gleich 3° C. [D. Herausg.]

[21] (S. 27.) In absoluter Tiefe kommt das Bohrloch zu Mondorf im Großherzogtum Luxemburg (2066 Fuß = 671 m) dem von Neu-Salzwerk am nächsten.

[22] (S. 27.) Die Vergleichung einer großen Zahl artesischer Brunnen in der Nähe von Lille mit denen von Saint-Ouen und Genf könnte auf einen beträchtlicheren Einfluß der Leitungsfähigkeit der Erd- und Gesteinschichten schließen lassen, wenn die Genauigkeit der numerischen Angaben gleich sicher wäre.

[23] (S. 27.) In einer Tabelle von 14 Bohrlöchern, die über 100 m Tiefe haben, aus den verschiedensten Teilen von Frankreich, führt Bravais neun auf, in welchen die einem Grad zugehörige Temperaturzunahme zwischen 27 und 39 m fällt, von dem im Texte gegebenen Mittel von 32 m zu beiden Seiten um 5 bis 6 m abweichend. Im ganzen scheint die Temperaturzunahme schneller in artesischen Brunnen von sehr geringer Tiefe; doch machen die sehr tiefen Brunnen von Monte Massi in Toscana und Neuffen am nordwestlichen Teil der schwäbischen Alp davon sonderbare Ausnahmen.

[24] (S. 29.) Alle Zahlen die Temperatur der Caves de l'Observatoire betreffend sind aus Poisson, Théorie mathématique de la Chaleur, p. 415 und 462 entlehnt. Dagegen enthält das Annuaire méteorologique de la France von Martins und Haeghens 1849, p. 88 abweichende Korrektionen des Lavoisierschen unterirdischen Thermometers durch Gay-Lussac. Im Mittel aus 3 Ablesungen (Juni bis August) gab jenes Thermometer 12,193°, wenn Gay-Lussac die Temperatur zu 11,843° fand, also Differenz 0,350°.

[25] (S. 30.) Boussingault, „Sur la profondeur à laquelle on trouve dans la zone torride la couche de température invariable", in den Annales de Chimie et de Physique

T. LIII, 1833, p. 225—247. Einwendungen gegen die in dieser Abhandlung empfohlene und in Südamerika durch so viele genaue Versuche bewährte Methode sind von John Caldecott, dem Astronomen des Radschah von Travancore, und vom Kapitän Newbold in Indien gemacht worden. Der erstere fand zu Trevandrum die Bodentemperatur in 3 Fuß (97 cm) Tiefe und darunter (also tiefer, als Boussingault vorschreibt) 85° und 86° Fahr., wenn die mittlere Lufttemperatur zu 80,02° Fahr. angegeben wird. Newbolds Versuche zu Bellary (Br. 15° 5′) gaben für 1 Fuß (32 cm) Tiefe von Sonnenaufgang bis 2 Uhr nach der Kulmination noch eine Temperaturvermehrung von 4, aber zu Cassargode (Br. 12° 29′) bei bewölktem Himmel von 1½ Fahrenheitschen Graden. Sollten die Thermometer wohl gehörig bedeckt, vor der Insolation geschützt gewesen sein? Oberst Acosta, der verdiente Geschichtschreiber von Neugranada, hat seit einem Jahre zu Guaduas am südwestlichen Abfall des Hochlandes von Bogota, wo die mittlere Temperatur des Jahres 23,8° ist, in 1 Fuß Tiefe, und zwar in einem bedeckten Raume, eine lange Reihe von Beobachtungen gemacht, welche Boussingaults Behauptung vollkommen bekräftigen. Letzterer meldet: „Les Observations du Colonel Acosta, dont Vous connaissez la grande précision en tout ce qui intéresse la Météorologie, prouvent que, *dans les conditions d'abri*, la Température reste constante entre les tropiques à une très petite profondeur."

[26] (S. 32.) Der Kaufmann Feodor Schergin, Verwalter vom Kontor der russisch-amerikanischen Handlungsgesellschaft, fing im Jahre 1828 an, in dem Hofe eines dieser Gesellschaft gehörigen Hauses einen Brunnen zu graben. Da er bis zu der Tiefe von 90 Fuß (29,9 m), die er 1830 erreichte, nur gefrorenes Erdreich und kein Wasser fand, so gab er die Arbeit auf, bis der Admiral Wrangel, der auf seinem Wege nach Sitka im russischen Amerika Jakutsk berührte und einsah, welches große wissenschaftliche Interesse an die Durchsenkung der unterirdischen Eisschicht geknüpft sei, Herrn Schergin aufforderte, das Vertiefen des Schachtes fortzusetzen. So erreichte derselbe bis 1837 volle 382 englische Fuß (= 116 m) unter der Oberfläche, immer im Eise bleibend.

[27] (S. 32.) „Schließen wir," sagt Middendorff, „diejenigen Tiefen aus, welche noch nicht ganz 100 Fuß erreichen, weil sie nach den bisherigen Erfahrungen in Sibirien in den Bereich der jährlichen Temperaturveränderungen gehören, so bleiben doch noch solche Anomalieen in der partiellen Wärmezunahme, daß dieselben für 1° R. von 150 zu 200 Fuß nur 66, von 250 bis 300 Fuß dagegen 217 engl. Fuß betragen. Wir müssen uns also bewogen fühlen, auszusprechen, daß die bisherigen Ergebnisse der Beobachtung im Scherginschachte keineswegs genügen, um mit Sicherheit das Maß der Temperaturzunahme zu bestimmen, daß jedoch (trotz der großen Abweichungen, die in der verschiedenen Leitungsfähigkeit der Erdschichten, in dem strömenden Einflusse der äußeren herab sinkenden

Luft oder der Tagewasser gegründet sein können) die Temperaturzunahme auf 1° R. nicht mehr als 100 bis 117 englische Fuß betrage." Das Resultat 117 engl. Fuß (= 35,6 m) ist das Mittel aus den 6 partiellen Temperaturzunahmen (von 50 zu 50 Fuß) zwischen 100 und 382 Fuß Schachttiefe. Vergleiche ich die Lufttemperatur des Jahres zu Jakutsk (— 8,13° R.) mit der durch Beobachtung gegebenen mittleren Temperatur des Eises (— 2,40° R.) in der größten Tiefe (382 engl. Fuß), so finde ich 66⅗ engl. Fuß (20,27 m) für 1° R. Hundert Fuß gibt die Vergleichung des Tiefsten mit der Temperatur, welche in 100 Fuß Schachttiefe herrscht. Aus den scharfsinnigen numerischen Untersuchungen von Middendorff und Peters über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der atmosphärischen Temperaturveränderungen, über Kälte- und Wärmegipfel folgt, daß in den verschiedenen Bohrlöchern, in den geringen oberen Tiefen von 7 bis 20 Fuß (2,1 bis 6,1 m), „ein Steigen der Temperatur vom März bis Oktober, und ein Sinken der Temperatur vom November bis April stattfindet, weil Frühjahr und Herbst die Jahreszeiten sind, in welchen die Veränderungen der Lufttemperatur am bedeutendsten sind". Selbst sorgfältig verdeckte Gruben kühlen sich in Nordsibirien allmählich aus durch vieljährige Berührung der Luft mit den Schachtwänden. Im Scherginschachte hat jedoch in 18 Jahren diese Berührung kaum ½ Grad Temperaturerniedrigung hervorgebracht. Eine merkwürdige und bisher unerklärte Erscheinung, die sich auch in dem Scherginschachte dargeboten hat, ist die Erwärmung, welche man im Winter bisweilen in den tieferen Schichten allein bemerkt hat, „ohne nachweisbaren Einfluß von außen". Noch auffallender erscheint es mir, daß im Bohrloch zu Wedensk an der Päsina bei einer Lufttemperatur von — 28° R. in der so geringen Tiefe von 5 bis 8 Fuß nur — 2,5° gefunden wurden! Die Isogeothermen, auf deren Richtung Kupffers scharfsinnige Untersuchungen zuerst geleitet haben, werden noch lange Zeit ungelöste Probleme darbieten. Die Lösung ist besonders schwierig da, wo das vollständige Durchsinken der Bodeneisschicht eine langdauernde Arbeit ist. Als ein bloßes Lokalphänomen, nach des Oberhüttenverwalters Slobins Ansicht durch die aus Gewässern niedergeschlagenen Erdschichten entstanden, darf jetzt das Bodeneis bei Jakutsk nicht mehr betrachtet werden.

[28] (S. 33.) In diesen numerischen Angaben und Vermutungen über die Dicke des Eisbodens wird eine Zunahme der Temperatur nach arithmetischer Progression der Tiefen vorausgesetzt. Ob in größeren Tiefen eine Verlangsamung der Wärmezunahme eintrete, ist theoretisch ungewiß, und daher von spielenden Berechnungen über die Temperatur des Erdcentrums in Strömung erregenden geschmolzenen heterogenen Gebirgsmassen abzuraten.

[29] (S. 34.) Middendorff Bd. I, S. 166 verglichen mit S. 179. „Die Kurve des anfangenden Eisbodens scheint in Nordasien zwei gegen Süden konvexe Scheitel: einen schwach gekrümmten

am Ob und einen sehr bedeutenden an der Lena, zu haben. Die Grenze des Eisbodens läuft von Beresow am Ob gegen Turuchansk am Jenisei; dann zieht sie sich zwischen Witimsk und Olekminsk auf das rechte Ufer der Lena, und, zum Norden hinansteigend, ostwärts."

[30] (S. 36.) Die Hauptstelle von der magnetischen Kette von Ringen ist im Platonischen Jon, p. 533 D, E ed. Steph. Später erwähnen dieser Fortpflanzung der anziehenden Wirkung außer Plinius und Lucrez auch Augustinus und Philo.

[31] (S. 37.) Eduard Biot, der die Klaprothschen Untersuchungen über das Alter des Gebrauchs der Magnetnadel in China durch mühsame bibliographische Studien, teils allein, teils mit Beihilfe meines gelehrten Freundes Stanislas Julien, bekräftigt und erweitert hat, führt eine ältere Tradition an, die sich aber erst bei Schriftstellern aus den ersten christlichen Jahrhunderten findet, nach welcher Magnetwagen schon unter dem Kaiser Hoong-ti gebraucht wurden. Dieser berühmte Monarch soll 2600 Jahre vor unserer Zeitrechnung (d. i. tausend Jahre vor der Vertreibung der Hyksos aus Aegypten) regiert haben.

[32] (S. 37.) Aristoteles selbst spricht nur von der Beseelung des Magnetsteins als einer Meinung des Thales. Diogenes Laertius dehnt aber die Meinung bestimmt auf den Bernstein aus, indem er sagt: „Aristoteles und Hippias behaupten von der Lehre des Thales . . . ." Der Sophist Hippias aus Elis, der alles zu wissen wähnte, beschäftigte sich mit Naturkunde, und so auch mit den ältesten Traditionen aus der physiologischen Schule. Der „anziehende Windeshauch", welcher, nach dem chinesischen Physiker Kuopho, „den Magnet und den Bernstein durchweht", erinnert, nach Buschmanns mexikanischen Sprachuntersuchungen, an den aztekischen Namen für den Magnet: tlaihioanani tetl, bedeutend: „der durch den Hauch an sich ziehende Stein" (von ihiotl Hauch, Atem, und ana ziehen).

[33] (S. 37.) Was Klaproth über diesen merkwürdigen Apparat dem Penthsaoyan entnommen, ist umständlicher in dem Mung-khi-pi-than aufgefunden worden. Warum wird wohl in dieser letzteren Schrift, wie auch in einem chinesischen Kräuterbuche gesagt: die Cypresse weist nach dem Westen, und allgemeiner: die Magnetnadel weist nach dem Süden? Ist hier eine üppigere Entwickelung der Zweige nach Sonnenstand oder vorherrschender Windrichtung gemeint?

[34] (S. 41.) Zu der Zeit König Eduards III. von England, als, wie Sir Nicholas Harris Nicolas erwiesen hat, immer nach dem Kompaß, damals sailstone dial, sailing needle oder adamante genannt, geschifft wurde, sieht man zur Ausrüstung des „King's ship the George" im Jahre 1345 in dem Ausgaberegister aufgeführt sechzehn in Flandern gekaufte horologes (hour-glasses): aber diese Angabe ist keineswegs ein Beweis für den Gebrauch des

Logs. Die Stundengläser (ampolletas der Spanier) waren, wie aus den Angaben von Enciso in Cespedes sich deutlichst ergibt, lange vor Anwendung des Logs: echando punto por fantasia in der corredera de los perezosos, d. h. ohne ein Log auszuwerfen, notwendig.

[35] (S. 42.) Daß Magnetismus dem Eisen langdauernd mitgeteilt werden kann, sagt im allgemeinen, doch ohne des Streichens zu erwähnen, schon Plinius. Merkwürdig ist Gilberts Bespottung der: „vulgaris opinio de montibus magneticis aut rupe aliqua magnetica, de polo phantastico a polo mundi distante“. Die Veränderlichkeit und das Fortschreiten der magnetischen Linien waren ihm noch ganz unbekannt: „varietas uniuscujusque loci constans est“.

[36] (S. 43.) Ich habe durch Anführung eigener, sehr sorgfältiger Inklinationsbeobachtungen, die ich in der Südsee angestellt, erwiesen, unter welchen Bedingungen die Inklination von wichtigem praktischen Nutzen zu Breitenbestimmungen zur Zeit der an der peruanischen Küste herrschenden, Sonne und Sterne verdunkelnden garua sein kann. Der Jesuit Cabens, Verfasser der Philosophia magnetica (in qua nova quaedam pyxis explicatur, quae *poli elevationem* ubique demonstrat), hat auch schon in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts die Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand geleitet.

[37] (S. 43.) Solche Linien, von ihm tractus chalyboeliticos genannt, hatte auch der Pater Christoph Burrus in Lissabon auf eine Karte getragen, die er dem König von Spanien zur Auffindung und Bestimmung der Seelänge für einen übergroßen Preis anbot, wie Kircher in seinem Magnes ed. 2, p. 443 erzählt. Der allerersten Variationskarte von 1530 ist bereits oben (S. 40) Erwähnung geschehen.

[38] (S. 44.) Noch 20 Jahre später als Halley auf St. Helena seinen Katalog südlicher Sterne (leider! keinen unter der 6. Größe) anfertigte, rühmte sich Hevelius im Firmamentum Sobescianum, kein Fernrohr anzuwenden und durch Spaltöffnungen zu beobachten. Halley wohnte 1679, als er Danzig besuchte, diesen Beobachtungen, deren Genauigkeit er übrigens übermäßig anrühmte, bei.

[39] (S. 44.) Spuren der täglichen und stündlichen Veränderlichkeit der magnetischen Abweichung hatten bereits in London Hellibrand (1634) und in Siam der Pater Tachard (1682) erkannt.

[40] (S. 45.) Die vortreffliche Konstruktion der nach Bordas Angabe zuerst von Lenoir angefertigten Boussole d'Inclinaison, die Möglichkeit freier und langer Schwingungen der Nadel, die so sehr verminderte Reibung der Zapfen, und die richtige Aufstellung des mit Libellen versehenen Instrumentes haben die genaue Messung der Erdkraft unter verschiedenen Zonen zuerst möglich gemacht.

[41] (S. 46.) Diese Hoffnung hat sich bis jetzt nicht erfüllt.

Noch wissen wir nichts Näheres über die Natur der Magnetkraft. Nur sind in jüngster Zeit immer mehr Erscheinungen aufgedeckt worden, welche zu dem Schlusse nötigen, daß die magnetischen Phänomene der Erde gewisse noch unermittelte direkte Beziehungen zu den Stellungen (und Veränderungen) anderer Himmelskörper, namentlich von Sonne und Mond, haben müssen. [D. Herausg.]

[42] (S. 46.) Die Zahlen, mit welchen die folgende Tafel anhebt (z. B. 1803—1806), deuten auf die Epoche der Beobachtung; die in Klammern dem Titel der Schriften beigefügten Zahlen aber auf die, oft sehr verspätete Veröffentlichung der Beobachtungen.

[43] (S. 50.) „Before the practice was adopted of determining *absolute values*, the most generally used scale (and which still continues to be very frequently referred to) was founded on the time of vibration observed by Mr. de Humboldt about the commencement of the present century at a station in the Andes of South America, where the direction of the dipping-needle was horizontal, a condition which was for some time erroneously supposed to be an indication of the minimum of magnetic force at the Earth's surface. From a comparison of the times of vibration of Mr. de Humboldt's needle in South America and in Paris, the ratio of the magnetic force at Paris to what was supposed to be its minimum, was inferred (1,348); and from the results so obtained, combined with a similar comparison made by myself between Paris and London in 1827 with several magnets, the ratio of the force in London to that of Mr. de Humboldt's original station in South America has been inferred to be 1,372 to 1,000. This is the origin of the number 1,372, which has been generally employed by British observers. By *absolute* measurements we are not only enabled to compare numerically with one another the results of experiments made in the most distant parts of the globe, with apparatus not previously compared, but we also furnish the means of comparing hereafter the intensity which exists at the present epoch, with that which may be found at future periods.“ Sabine im Manuel for the use of the British Navy, 1849, p. 17.

[44] (S. 52.) Das erste Bedürfnis verabredeter gleichzeitiger magnetischer Beobachtung ist von Celsius gefühlt worden. Ohne noch des eigentlich von seinem Gehilfen Olav Hiorter (März 1741) entdeckten und gemessenen Einflusses des Polarlichtes auf die Abweichung zu erwähnen, forderte er Graham (Sommer 1741) auf, mit ihm gemeinschaftlich zu untersuchen, ob gewisse außerordentliche Perturbationen, welche der stündliche Gang der Nadel von Zeit zu Zeit in Upsala erlitt, auch in derselben Zeit von ihm in London beobachtet würden. Gleichzeitigkeit der Perturbationen, sagt er, liefere den Beweis, daß die Ursache der Pertur-

bation sich auf große Erdräume erstrecke und nicht in zufälligen lokalen Einwirkungen gegründet sei. Als Arago erkannt hatte, daß die durch Polarlicht bewirkten magnetischen Perturbationen sich über Erdstrecken verbreiten, wo die Lichterscheinung des magnetischen Ungewitters nicht gesehen wird, verabredete er gleichzeitig stündliche Beobachtungen 1823 mit unserem gemeinschaftlichen Freunde Kupffer in Kasan, fast 47° östlich von Paris. Aehnliche gleichzeitige Deklinationsbeobachtungen sind (1828) von mir mit Arago und Reich in Paris, Freiberg und Berlin angestellt worden.

[45] (S. 56.) Die im Texte genannte Abhandlung von Rudolf Wolf enthält eigene tägliche Beobachtungen von Sonnenflecken (1. Januar bis 30. Juni 1852), und eine Zusammenstellung der Lamontschen periodischen Deklinationsvariationen mit den Resultaten von Schwabe über die Frequenz der Sonnenflecken (1835—1850). Es wurde dieselbe in einer Sitzung der naturforschenden Gesellschaft zu Bern den 31. Juli 1852 vorgetragen, während die ausführlichere Abhandlung vom Oberst Sabine der königl. Societät zu London schon Anfang März übergeben und Anfang Mai 1852 verlesen wurde. Nach den neuesten Untersuchungen der Beobachtungen der Sonnenflecken findet Wolf die Periode im Mittel von 1600 bis 1852 zu 11,11 Jahren.

[46] (S. 57.) Diamagnetische Abstoßung und äquatoriale, d. i. ostwestliche Stellung in der Nähe eines starken Magnetes zeigen Wismut, Antimon, Silber, Phosphor, Steinsalz, Elfenbein, Holz, Apfelscheiben und Leder. Sauerstoffgas (rein oder mit anderen Gasarten gemischt, oder in den Zwischenräumen der Kohle verdickt) ist paramagnetisch. Vergl. über kristallisierte Körper, was nach der Lage gewisser Achsen der scharfsinnige Plücker aufgefunden hat. Die Abstoßung durch Wismut war zuerst von Brugmans (1778) erkannt, dann von le Baillif (1827) und Seebeck (1828) gründlicher geprüft. Faraday selbst, Reich, und der schon seit dem Jahre 1836 für die Fortschritte des tellurischen Magnetismus so ununterbrochen thätige Wilhelm Weber haben den Zusammenhang der diamagnetischen Erscheinungen mit denen der Induktion dargethan. Weber hat sich nachzuweisen bestrebt, daß der Diamagnetismus seine Quelle in den Ampèreschen Molekularströmen habe.

[47] (S. 57.) Zur Hervorbringung dieser Polarität werden durch die actio in distans des Erdkörpers die magnetischen Flüssigkeiten in jedem Sauerstoffteilchen in bestimmter Richtung und mit bestimmter Kraft um eine gewisse Größe getrennt. Jedes Sauerstoffteilchen repräsentiert dadurch einen kleinen Magnet; und alle diese kleinen Magnete reagieren aufeinander, wie auf den Erdkörper, und zuletzt, in Verbindung mit diesem, auf eine irgendwo in oder außerhalb des Luftkreises befindlich gedachte Nadel. Die Sauerstoffhülle des Erdkreises ist zu vergleichen einer Armatur von weichem Eisen an einem natürlichen oder Stahlmagnet, der Magnet

kugelförmig gedacht gleich der Erde, und die Armatur als Hohlkugel gleich der atmosphärischen Sauerstoffhülle. Die Stärke, bis zu der ein jedes Sauerstoffteilchen durch die konstante Kraft der Erde magnetisiert werden kann (magnetic power), sinkt mit der Temperatur und Verdünnung des Sauerstoffgases. Indem eine stete Veränderung der Temperatur und Ausdehnung der Sonne von Ost nach West um dem Erdkörper folgt, muß sie demnach auch die Resultate der Kräfte der Erde und der Sauerstoffhülle verändern, und dies ist nach Faradays Meinung die Quelle eines Teiles der Variationen in den Elementen des Erdmagnetismus. Plücker findet, daß, da die Kraft, mit welcher der Magnet auf das Sauerstoffgas wirkt, der Dichtigkeit des Gases proportional ist, der Magnet ein einfaches eudiometrisches Mittel darbietet, die Gegenwart des freien Sauerstoffgases in einem Gasgemische bis auf 1 oder 2 Hundertteilchen zu erkennen.

[48] (S. 60.) Die Stelle (§ 226), in welcher der Lichtprozeß der Sonne ein perpetuierliches Nordlicht genannt wird, ist übrigens nicht in der ersten Ausgabe der Clavis Astronomiae von Horrebow (Havn. 1730) zu suchen, sondern sie steht allein in der, durch einen zweiten Teil vermehrten neuen Ausgabe derselben, in Horrebows Operum mathematico-physicorum, T. I, Havn. 1740, p. 317, indem sie diesem hinzugekommenen zweiten Teile der Clavis angehört.

[49] (S. 60.) „So far as these four stations (Toronto, Hobarton, St. Helena and the Cape), so widely separated from each other and so diversely situated justify a generalisation, we may arrive to the conclusion, that at the hour of 7 to 8 A. M. the magnetic declination is *everywhere* subject to a variation of which the period is a year, and which is everywhere similar in character and amount: consisting of a movement of the north end of the magnet from east to west between the northern and the southern solstice, and a return from west to east between the southern and the northern solstice, the amplitude being about 5 minutes of arc. The *turning periods of the year* are not, as many might be disposed to anticipate, *those months, in which the temperature at the surface of our planet, or of the subsoil, or of the atmosphere* (as far as we possess the means of judging of the temperature of the atmosphere) *attains its maximum and minimum.* Stations so diversely situated would indeed present in these respects *thermic conditions* of great variety: whereas uniformity in the epoch of the *turning periods* is a not less conspicuous feature in the annual variation than similarity of character and numerical value. At all the stations the *solstices* are the turning periods of the annual variation at the hour of which we are treating. — The only periods of the year in which the diurnal or horary variation at that hour does actually

disappear, are at the *equinoxes*: when the sun is passing from the one hemisphere to the other, and when the magnetic direction in the course of its annual variation from east to west, or vice versa, coincides with the direction which is the mean declination of all the months and of all the hours. — The *annual variation* is obviously connected with, and dependent on, the *earth's position* in its orbit relatively to the sun, around which it revolves; as the *diurnal variation* is connected with and dependent on the *rotation of the earth* on its axis, by which each meridian successively passes trough every angle of inclination to the sun in the round of 24 hours.“ Sabine, On the annual and diurnal variations, in dem noch nicht erschienenen 2. Bande der Observations made at the magn. and meteorol. Observatory at Toronto, p. XVII—XX.

[50] (S. 60.) Auch in Sabines Eröffnungsrede der Versammlung zu Belfast heißt es: „It is a remarkable fact, which has been established, that the magnetic force is greater in both the northern and southern hemispheres in the months of December, January and February, when the Sun is nearest to the earth: than is those of May, June and July, when he is most distant from it: whereas, if the effects where due to temperature, the two hemispheres should be oppositely instead of similary affected in each of the two periods referred to.“

[51] (S. 63.) Vergl. Mary Somerville, in ihrer kurzen, aber lichtvollen, auf Sabines Arbeiten gegründeten Darstellung des Erdmagnetismus, Physical Geography Vol. II, p. 102. Sir John Roß, der diese Kurve schwächster Intensität auf seiner großen antarktischen Expedition im Dezember 1839 durchschnitt (lat. 19° südl. und long. 31° 35′ westl.), und das große Verdienst hat, ihre Lage in der südlichen Hemisphäre zuerst bestimmt zu haben, nennt sie den Equator of less intensity. Siehe dessen Voyage in the Southern and Antarctic Regions Vol. I, p. 22.

[52] (S. 63.) „*Stations of an intermediate* character situated between the northern and southern magnetic hemispheres, partaking, although in opposite seasons, of those contrary features which separately prevail (in the two hemispheres) throughout the year.“ Sabine in den Philosophical Transactions for 1847, P. I, p. 53 und 57.

[53] (S. 64.) Der Pole of Intensity ist nicht der Pole of Verticity.

[54] (S. 65.) Es ist zu erinnern, daß bei den astronomischen Ortsbestimmungen das Zeichen + vor der Zahl die nördliche, das Zeichen — vor derselben die südliche Breite ausdrückt; wie O. und W. nach den Längengraden stets den östlichen oder westlichen Abstand vom Meridian von Paris, nicht von Greenwich (wenn in einigen Fällen es nicht ausdrücklich bemerkt ist), andeuten. Wo

einzelne Abhandlungen des Obersten Sabine nicht namentlich in den Anmerkungen des Kosmos zitiert sind, ist in dem Abschnitt vom tellurischen Magnetismus durch Anführungszeichen kenntlich gemacht, was den handschriftlichen Mitteilungen jenes mir befreundeten Gelehrten entnommen wurde.

[55] (S. 67.) Man weiß heute, daß die beiden Punkte größter Intensität auf der südlichen Hemisphäre sehr nahe beisammen liegen: in 65° S. und 140° O. der stärkere, und in 50° S. und 120° O. der schwächere. [D. Herausg.]

[56] (S. 67.) Sir James Roß, der große Seefahrer, durchschnitt zweimal zwischen Kerguelen und Vandiemen die Kurve größter Intensität; zuerst in Br. — 46° 44′, Länge 126° 6′ Ost, wo die Intensität bis 2,034 anwuchs, um östlich gegen Hobarton hin bis 1,824 abzunehmen, dann ein Jahr später, vom 1. Januar bis 3. April 1841, wo nach dem Schiffsjournal des Erebus von Br. — 77° 47′ (Lg. 173° 21′ O.) bis Br. — 51° 16′ (Lg. 134° 30′ O.) die Intensitäten ununterbrochen über 2,00, selbst 2,07 waren. Sabines Resultat für den einen Fokus der südlichen Halbkugel (Br. — 64°, Lg. 135° 10′ O.), das ich in dem Texte gegeben, ist aus den Beobachtungen von Sir James Roß vom 19. bis 27. März 1841 genommen (crossing the southern isodynamic ellipse of 2,00 about midway between the extremities of its principal axis) zwischen Breite — 58° und — 64° 26′, Länge 126° 20′ und 146° 0′ Ost.

[57] (S. 67.) Nach den Reiseinstruktionen wurden die beiden südlichen Foci des Maximums der Intensität vermutet in Breite — 47°, Lg. 140° O. und Br. — 60°, Lg. 235° O. (Meridian von Greenwich).

[58] (S. 68.) Ich folge für 15,60 der Angabe Sabines. Aus dem magnetischen Journal des Erebus ersieht man, daß auf dem Eise am 8. Februar 1841 (in Br. — 77° und Lg. 175° 2′ W.) vereinzelte Beobachtungen selbst 2,124 gaben. Der Wert der Intensität 15,60 in absoluter Skale setzt die Intensität in Hobarton provisorisch zu 13,51 voraus. Es ist aber dieselbe neuerdings um etwas vergrößert worden, zu 13,56. In dem Admiralty Manual p. 17 finde ich den südlichen stärkeren Fokus in 15,8 verwandelt.

[59] (S. 69.) S. die interessante Darstellung: Map of the World, divided into Hemispheres by a plane, coinciding with the Meridians of 100 and 280 E. of Greenwich, exhibiting the unequal distribution of the Magnetic Intensity in the two Hemispheres, Plate V; in den Proceedings of the Brit. Assoc. at Liverpool 1837, p, 72—74. Die Teilung ist, nach dem Pariser Meridian gerechnet, Länge 97° 40′ O. und 82° 20′ W. Fast ununterbrochen fand Erman die Intensität der Erdkraft unter 0,76 (also sehr schwach) in der südlichen Zone von Br. — 24° 25′ bis Br. — 13° 18′, zwischen 37° 10′ und 35° 4′ westlicher Länge.

[60] (S. 69.) S. das Schiffsjournal von Sulivan und Dunlop. Sie fanden als Minimum aber nur 0,800.

[61] (S. 69.) Man erhält 1 : 2,44, wenn man in absoluter Skale St. Helena 6,4 mit dem stärkeren Fokus am Südpol 15,60 vergleicht; 1 : 2,47 durch Vergleichung von St. Helena mit dem zu 15,8 vergrößerten südlichen Maximum; 1 : 2,91 durch Vergleichung in relativer Skale von Ermans Beobachtung im Atlantischen Ozean (0,706) mit dem südlichen Fokus (2,06); ja selbst 1 : 2,95, wenn man in absoluter Skale die schwächste Angabe desselben ausgezeichneten Reisenden (5,35) mit der stärksten Angabe für den südlichen Fokus (15,8) zusammenstellt. Eine Mittelzahl wäre 1 : 2,69. Vergl. für die Intensität von St. Helena (6,4 in absoluter oder 0,845 in relativer Skale) die frühesten Beobachtungen von Fitz-Roy (0,836).

[62] (S. 70.) Welche Art der Täuschung kann in den Kohlenbergwerken von Flenn zu dem Resultat geführt haben, daß im Inneren der Erde in 83 Fuß Tiefe die Horizontalintensität schon um 0,001 wachse? Journal de l'Institut 1845, avril, p. 146. In einem englischen tiefen Bergwerke, 950 Fuß unter dem Meeresspiegel, fand Henwood gar keine Zunahme der Kraft (Brewster, Treatisse on Magnetisme p. 275.)

[63] (S. 71.) Eine Verminderung der Magnetintensität mit der Höhe folgt in meinen Beobachtungen aus den Vergleichungen der Silla de Caracas (8105 Fuß = 2632 m über dem Meere, Kraft 1,188) mit dem Hafen La Guayra (Höhe 0 m, Kraft 1,262) und der Stadt Caracas (Höhe 2484 Fuß = 807 m, Kraft 1,209); aus der Vergleichung der Stadt Santa Fé de Bogota (Höhe 8190 Fuß = 2660 m, Kraft 1,147) mit der Kapelle von Nuestra Señora de Guadalupe (Höhe 10128 Fuß = 3290 m, Kraft 1,127), die in größter Nähe unmittelbar an einer steilen Felswand wie ein Schwalbennest über der Stadt hängt; aus der Vergleichung des Vulkans von Puracé (Höhe 8136 Fuß = 2643 m, Kraft 1,087) mit der nahen Stadt Popayan (Höhe 5466 Fuß = 1775 m, Kraft 1,117); aus der Vergleichung der Stadt Quito (Höhe 8952 Fuß = 2908 m, Kraft 1,067) mit dem Dorfe San Antonio de Lulumbaba (Höhe 7650 Fuß = 2485 m, Kraft 1,087), in einer nahen Felsenkluft liegend, unmittelbar unter dem geographischen Aequator. Widersprechend waren die höchsten Oszillationsversuche, die ich je gemacht, in einer Höhe von 14960 Fuß (4560 m), an dem Abhange des längst erloschenen Vulkans Antisana, gegenüber dem Chusulongo. Die Beobachtung mußte in einer weiten Höhle angestellt werden, und die so große Vermehrung der Intensität war gewiß Folge einer magnetischen Lokalattraktion der Gebirgsart, des Trachyts, wie Versuche bezeugen, die ich mit Gay-Lussac im Krater selbst des Vesuvs und an den Kraterrändern gemacht. Die Intensität fand ich in der Höhle am Antisana bis 1,188 erhöht, wenn sie umher in niederen Hochebenen kaum 1,068 war. Die Intensität im Hospiz des St. Gotthard (1,313) war größer als die von Airolo (1,309),

aber kleiner als die von Altorf (1,322); Airolo dagegen übertraf die Intensität des Urserloches (1,307). Ebenso fanden wir, Gay-Lussac und ich, im Hospiz des Mont Cenis die Intensität 1,344, wenn dieselbe in Lans le Bourg am Fuß des Mont Cenis 1,323, in Turin 1,336 war. Die größten Widersprüche bot uns natürlich, wie schon oben bemerkt, der noch brennende Vesuv dar. Wenn 1805 die Erdkraft in Neapel 1,274 und in Portici 1,288 war, so stieg sie in der Einsiedelei von San Salvador zu 1,302, um im Krater des Vesuvs tiefer als in der ganzen Umgegend, zu 1,193 herabzusinken. Eisengehalt der Laven, Nähe magnetischer Pole einzelner Stücke und die im ganzen wohl schwächend wirkende Erhitzung des Bodens bringen die entgegengesetztesten Lokalstörungen hervor.

[64] (S. 71.) Kupffers Beobachtungen beziehen sich nicht auf den Gipfel des Elbrus, sondern auf den Höhenunterschied (4500 Fuß = 1461 m) von 2 Stationen: Brücke von Malya und Bergabhang von Kharbis, die leider in Länge und Breite beträchtlich verschieden sind.

[65] (S. 71.) Um so auffallender ist es, daß ein sehr genauer Beobachter, Quetelet, im Jahre 1830 die Horizontalintensität von Genf (1,080) zum Col de Balme (1,091), ja zum Hospiz des heil. Bernhard (1,096) mit der Höhe hat zunehmen sehen.

[66] (S. 73.) Sabine in Magn. and meteor. observations at Hobarton Vol. I, p. LXVIII. „There is also a correspondence in the range and turning hours of the diurnal variation of the total force at Hobarton and at Toronto, although the progression is a *double one* at Toronto and a single one at Hobarton.“ Die Zeit des Maximums der Intensität ist in Hobarton zwischen 8 und 9 Uhr morgens, und ebenso um 10 Uhr morgens das sekundäre oder schwächere Minimum in Toronto; also folgt nach der Zeit des Ortes das Zunehmen und Abnehmen der Intensität denselben Stunden, nicht den entgegengesetzten, wie bei der Inklination und der Deklination.

[67] (S. 73.) Die Intensität (totale Kraft) zeigt am Vorgebirge der guten Hoffnung in entgegengesetzten Jahreszeiten weniger Unterschied als die Inklination.

[68] (S. 74.) Im sibirischen Kontinent ist bisher keine stärkere Inklination als 82° 16′ beobachtet worden, und zwar von Middendorff am Flusse Taimyr unter Br. + 74° 17′ und Länge 93° 27′ östlich von Paris.

[69] (S. 74.) Sir James Roß, Voyage in the Antarctic Regions Vol. I. p. 246. „I had so long cherished the ambitious hope,“ sagt dieser Seefahrer, „to plant the flag of my country on *both* the magnetic poles of our globe; but the obstacles, which presented themselves, being of so insurmountable a character was some degree of consolation, as it left us no grounds for self-reproach.“ (p. 247.)

[70] (S. 75.) Ich gebe hier, wie es immer meine Gewohnheit

ist, die Elemente dieser nicht unwichtigen Bestimmung: Micuipampa, ein peruanisches Bergstädtchen am Fuß des durch seinen Silberreichtum berühmten Cerro de Gualgayoc: Br. — 6° 44′ 25″, Lg. 80° 53′ 3″, Höhe über der Südsee 11 140 Fuß (3618 m); magnetische Inklination 0,42° gegen Norden (Centesimalteilung des Kreises). — Caxamarca, Stadt in einer 8784 Fuß (2853 m) hohen Ebene: Br. — 7° 8′ 38″, Lg. 5° 23′ 42″; Inklination 0,15° gegen Süden. — Montan, ein Meierhof (hacienda), von Lamaherden umgeben, mitten im Gebirge: Br. — 6° 33′ 9″, Lg. 5° 26′ 51″; Höhe 8042 Fuß (2612 m); Inklin. 0,70° N. — Tomependa, an der Mündung des Chinchipe in den Amazonenfluß, in der Provinz Jaen de Bracamoros: Br. — 5° 31′ 28″, Lg. 80° 57′ 30″; Höhe 1242 Fuß (403 m); Inklin. 3,55° N. — Truxillo, peruanische Stadt an der Südseeküste: Br. — 8° 5′ 40″, Lg. 81° 23′ 37″; Inklin. 2,15° S. Das Resultat meiner Inklinationsbeobachtungen von 1802 (Br. — 7° 2′, Lg. 81° 8′ W.) stimmt, sonderbar zufällig, trotz der säkularen Veränderung, nicht schlecht mit le Monniers auf theoretische Rechnung gegründeter Vermutung. Er sagt: „Nördlich von Lima muß 1776 der magnetische Aequator in 7⅓°, höchstens in 6½° südlicher Breite gefunden werden!“

[71] (S. 76.) Saigey, Mém. sur l'équateur magnétique d'après les observ. du Capitaine Duperrey, in den Annales maritimes et coloniales Dez. 1833, T. IV, p. 5. Daselbst wird schon bemerkt, daß der magnetische Aequator nicht eine Kurve gleicher Intensität ist, sondern daß die Intensität in verschiedenen Teilen dieses Aequators von 1 zu 0,867 variiert.

[72] (S. 76.) Diese Position des magnetischen Aequators ist durch Erman für 1830 bestätigt worden. Auf der Rückreise von Kamtschatka nach Europa fand derselbe die Neigung fast null: in Br. — 1° 30′, Lg. 134° 57′ W.; in Br. — 1° 52′, Lg. 137° 30′ W.; in Br. — 1° 54′, Lg. 136° 5′ W.; in Br. — 2° 1′, Lg. 141° 28′ W.

[73] (S. 77.) Brief von Arago an mich aus Metz vom 13. Dez. 1827: „J'ai parfaitement constaté, pendant les aurores boréales qui se sont montrées dernièrement à Paris, que l'apparition de ce phénomène est toujours accompagnée d'une variation dans la position des aiguilles horizontales et d'inclinaison comme dans l'intensité. Les changements d'inclinaison ont été 7′ à 8′. Par cela seul l'aiguille horizontale, abstraction faite de tout changement d'intensité, devait osciller plus ou moins vite suivant l'époque où se faisait l'observation; mais en corrigeant les résultats par le calcul des effets immédiats de l'inclinaison, il m'est encore resté une variation sensible d'intensité. En reprenant, par une nouvelle méthode, les observations diurnes d'inclinaison dont tu m'avais vu occupé pendant ton dernier séjour à Paris, j'ai trouvé, non par des moyennes, mais *chaque jour*, une variation régulière: l'inclinaison est plus grande le matin à 9 h que le soir à 6 h. Tu sais que

l'intensité, *mesurée avec une aiguille horizontale*, est au contraire à son *minimum* à la première époque, et qu'elle atteint son *maximum* entre 6 h et 7 h du soir. La variation totale étant fort petite, on pouvait supposer qu'elle n'était dûe qu'au seul changement d'inclinaison; et en effect la plus grande portion de la *variation apparente d'intensité* dépend de l'altération diurne de la composante horizontale; mais, toute correction faite, il reste cependant une petite quantité comme indice d'une *variation réelle d'intensité*." — Aus einem anderen Briefe von Arago, Paris 20. März 1829, kurz vor meiner sibirischen Reise: „Je ne suis pas étonné que tu reconnais avec peine la variation diurne d'inclinaison dont je t'ai parlé, dans les mois d'hiver, c'est dans les mois chauds seulement que cette variation est assez sensible pour être observée avec une loupe. Je persiste toujours à soutenir que les changements d'inclinaison ne suffisent pas pour expliquer le changement d'intensité déduit de l'observation d'une aiguille horizontale. Une augmentation de température, toutes les autres circonstances restant les mêmes, ralentit les oscillations des aiguilles. Le soir, la température de mon aiguille horizontale est toujours *supérieure* à la température du matin: donc l'aiguille devrait, *par cette cause*, faire le soir, en un temps donné, moins l'oscillations que le matin; or elle en fait plus que le changement d'inclinaison ne le comporte: donc du matin au soir, il y a une *augmentation réelle* d'intensité dans le magnétisme terrestre." — Spätere und viel zahlreichere Beobachtungen in Greenwich, Berlin, Petersburg, Toronto (Kanada) und Hobarton (Vandiemen) haben Aragos Behauptung (1827) der größeren Horizontalintensität am Abend gegen den Morgen bestätigt. In Greenwich ist das Hauptmaximum der horizontalen Kraft um 6 u, das Hauptminimum um 22 u oder 0 u; in Schulzendorf bei Berlin max. 8 u, min. 21 u; in Petersburg max. 8 u, min. 23 u 20′; in Toronto max. 4 u, min. 23 u, immer in der Zeit jeden Ortes. Sonderbar abweichend, fast entgegengesetzt, sind die Wechselstunden am Vorgebirge der guten Hoffnung und auf St. Helena, wo am Abend die Horizontalkraft am schwächsten ist. So ist es aber nicht in der ganzen südlichen Hemisphäre weiter in Osten. „The principal feature in the diurnal change of the *horizontal*-force at Hobarton is the decrease of force in the forenoon and its subsequent increase in the afternoon." Sabine, Magn. obs. at Hobarton Vol. I. p. LIV, Vol. II, p. XLIII.)

[74] (S. 80.) Totalintensitat in Hobarton: max. 5½ u, min. 20½ u; in Toronto: Hauptmax. 6 u, Hauptmin. 14 u, sekund. Max. 20 u, sekund. Min. 22 u.

[75] (S. 81.) Da man durch die Fülle der Stationsbeobachtungen jetzt ein fast ungemessenes Feld der speziellsten Untersuchung besitzt, so bemerkt man neue und neue Komplikationen bei

dem Aufsuchen des Gesetzlichen. In aufeinander folgenden Jahren sieht man z. B. die Neigung in *einer* Wendestunde, der des Maximums, vom Abnehmen in ein Zunehmen übergehen, während in der Wendestunde des Minimums sie im progressiven jährlichen Abnehmen blieb. In Greenwich z. B. nahm die magnetische Neigung in der Maximalstunde (21 u) ab in den Jahren 1844 und 1845, sie nahm zu in derselben Stunde in 1845—1846, fuhr aber fort in der Wendestunde des Minimums (3 u) von 1844—1846 abzunehmen.

76 (S. 82.) Darf man den Beobachtungen aus dem Jahre 1751 von La Caille trauen, der zwar jedesmal die Pole umkehrte, aber eine nicht frei genug sich bewegende Nadel hatte, so ergibt sich für das Kap eine Vermehrung der Inklination von 3,08° in 89 Jahren!

77 (S. 83.) Ich wiederhole noch, daß alle europäischen Inklinationsbeobachtungen, welche auf dieser Seite angeführt werden, in 360teiliger Einteilung des Kreises sind, und daß nur die von mir vor dem Monat Juni 1804 beobachteten Inklinationen im neuen Kontinent sich auf eine Centesimaleinteilung des Bogens beziehen.

78 (S. 84.) Grube *Kurprinz* bei Freiberg im sächsischen Erzgebirge. Der unterirdische Punkt war auf der 7. Gezeugstrecke, auf dem Ludwiger Spatgange: 80 Lachter östlich vom Treibschachte, 40 Lachter westlich vom Kunstschachte, in 133½ Lachter Seigerteufe; beobachtet mit Freiesleben und Reich um 2½ Uhr nachmittags (Temperatur der Grube 15,6° Cent.). Inklinationsnadel A 67° 37,4′; Nadel B 67° 32,7′; Mittel beider Nadeln in der Grube 67° 35,05′. In freier Luft (über Tage), auf einem Punkte der Oberfläche, welcher nach dem Markscheider-Risse genau senkrecht über dem Punkte der unterirdischen Beobachtung liegt, um 11 Uhr vormittags: Nadel A 67° 33,87′; Nadel B 67° 32,12′; Mittel beider Nadeln in der oberen Station 67° 32,99′ (Lufttemperatur 15,8° Cent.). Unterschied des oberen und unteren Resultates + 2,06′. Die Nadel A, welche als stärkere mir immer am meisten Vertrauen einflößte, gab sogar + 3,53′, wenn der Einfluß der Tiefe bei alleinigem Gebrauch der Nadel B fast unmerklich geblieben wäre. Die gleichförmige Methode, die ich stets angewandt im Ablesen am Azimutalkreise, um den magnetischen Meridian durch korrespondierende Inklinationen oder durch den perpendikulären Stand der Nadel zu finden, wie die Neigung selbst am Vertikalkreise, durch Umdrehung der Nadel in den Pfannen, und durch Ablesen an beiden Spitzen vor und nach dem Umdrehen der Pole, habe ich weitläufig beschrieben und durch Beispiele erklärt in der *Asie centrale* T. III, p. 465 bis 467. Der Stand der zwei Nadeln ist für jede derselben 16mal abgelesen worden, um ein mittleres Resultat zu gewinnen. Wo von Wahrscheinlichkeit in Bestimmung so kleiner Größen die Rede ist, muß man in das Einzelnste der Beobachtung eingehen.

79 (S. 86.) Petrus Peregrini meldet einem Freunde, daß er schon 1269 die Variation in Italien 5° östlich gefunden habe.

[80] (S. 86.) Wenn Herrera sagt, Kolumbus habe bemerkt, die Magnetvariation sei nicht dieselbe bei Tage und bei Nacht, so berechtigt diese Behauptung gar nicht, dem großen Entdecker eine Kenntnis der stündlichen Veränderung zuzuschreiben. Das von Navarrete herausgegebene echte Reisejournal des Admirals, vom 17. und 30. September 1492 lehrt, daß Kolumbus selbst alles auf eine sogenannte „ungleiche Bewegung" des Polarsternes und der Wächter (Guardas) reduzierte.

[81] (S. 86.) Die ältesten gedruckten Londoner Beobachtungen sind die von Graham in den Philos. Transact. for 1724. 1725, Vol. XXXIII, p. 96—107. Die Veränderung der Deklination gründet sich: „neither upon heat, nor cold, dry or moist air. The Variation is greatest between 12 and 4 in the afternoon, and the least at 6 or 7 in the evening." Es sind freilich nicht die wahren Wendestunden.

[82] (S. 87.) Beweise geben zahlreiche Beobachtungen von Georg Fuß und Kowanko für das griechische Klosterobservatorium in Peking, von Anikin für Nertschinsk, von Buchanan Riddell für Toronto in Kanada (alle an Orten westlicher Abweichung); von Kupffer und Simonow in Kasan, von Wrangel, trotz der vielen Nordlichtstörungen, für Sitka (Nordwestküste von Amerika), von Gilliß in Washington, von Boussingault für Marmato (Südamerika), von Duperrey für Payta an der peruanischen Südseeküste (alle an Orten östlicher Abweichung). Ich erinnere, daß die mittlere Deklination war: in Peking (Dez. 1831) 2° 15′ 42″ westlich, in Nertschinsk (Sept. 1832) 4° 7′ 44″ westlich, in Toronto (Nov. 1847) 1° 33′ westlich; in Kasan (Aug. 1828) 2° 21′ östlich, Sitka (Nov. 1829) 28° 16′ östlich, Marmato (Aug. 1828) 6° 33′ östlich, Payta (Aug. 1823) 8° 56′ östlich. In Tiflis ist der westliche Gang von 19ᵘ bis 2ᵘ.

[83] (S. 88.) S. Auszüge aus einem Briefe von mir an Karsten (Rom, 22. Juni 1805) „über vier Bewegungen der Magnetnadel, gleichsam vier magnetische Ebben und Fluten, analog den Barometerperioden"; abgedruckt in Hansteen, Magnetismus der Erde, 1819, S. 459. Ueber die so lange vernachlässigten nächtlichen Deklinationsvariationen vergleiche Faraday, On the night Episode § 3012—3024.

[84] (S. 88.) Wie sehr die frühesten Angaben der Wendestunden bei Tage und bei Nacht mit denen übereinstimmen, welche vier Jahre später in den so reichlich ausgestatteten Magnethäusern von Greenwich und Kanada ermittelt wurden, erhellt aus der Untersuchung von korrespondierenden Breslauer und Berliner Beobachtungen meines vieljährigen Freundes Encke, des verdienstvollen Direktors unserer Berliner Sternwarte. Er schrieb am 11. Oktober 1836: „In Bezug auf das nächtliche Maximum oder die Inflexion der stündlichen Abweichungskurve glaube ich nicht, daß im allgemeinen ein Zweifel obwalten kann, wie es auch Dove aus Freiberger Beob-

achtungen 1830 geschlossen hat. Graphische Darstellungen sind zur richtigen Uebersicht des Phänomens weit vorteilhafter als die Zahlentabellen. Bei den ersten fallen große Unregelmäßigkeiten sogleich in das Auge und gestatten die Ziehung einer Mittellinie, während daß bei den letzteren das Auge häufig sich täuscht und eine einzelne sehr auffallende Unregelmäßigkeit als ein wirkliches Maximum oder Minimum nehmen kann. Die Perioden zeigen sich durch folgende Wendestunden bestimmt:

größte östliche Deklination	20 Uhr,	I. Max. Ost
größte westliche Deklination . . .	1 Uhr,	I. Min. Ost
zweites östliches kleines Maximum .	10 Uhr,	II. Max. Ost
zweites westliches kleines Minimum .	16 Uhr,	II. Min. Ost

Das zweite kleine Minimum (die nächtliche Elongation gegen Westen) fällt eigentlich zwischen 15 und 17 Uhr, bald der einen, bald der anderen Stunde näher." Es ist kaum nötig, zu erinnern, daß, was Encke und ich die Minima gegen Osten, ein großes und ein kleines 16 u nennen, in den 1840 gegründeten englischen und amerikanischen Stationen als Maxima gegen Westen aufgeführt wird, und daß demnach auch unsere Maxima gegen Osten (20 u und 10 u) sich in Minima gegen Westen umwandeln. Um also den stündlichen Gang der Nadel in seiner Allgemeinheit und großen Analogie in der nördlichen Halbkugel darzustellen, wähle ich die von Sabine befolgten Benennungen, die Reihung von der Epoche größter Elongation gegen Westen anfangend, in der mittleren Zeit jedes Ortes:

	Freiberg 1829	Breslau 1836	Greenwich 1846—47	Makerstoun 1842—43	Toronto 1845—47	Washington 1840—42
Maximum	1 u	1 u	2 u	0 u 40′	1 u	2 u
Minimum	13	10	12	10	10	10
Maximum	16	16	16	14¼	14	14
Minimum	20	20	20	19¼	20	20

In den einzelnen Jahreszeiten hat Greenwich eine merkwürdige Verschiedenheit gezeigt. Im Jahre 1847 war im Winter nur ein Maximum (2 u) und ein Minimum (12 u); im Sommer eine doppelte Progression, aber das zweite Minimum um 14 u statt um 16 u (p. 236). Die größte westliche Elongation (erstes Max.) blieb im Winter wie im Sommer an 2 u geheftet, aber die kleinste (das zweite Min.) war 1846 (p. 94) im Sommer wie gewöhnlich um 20 u und im Winter um 12 u. Die mittlere winterliche Zunahme gegen Westen ging ohne Unterbrechung in dem genannten Jahre von Mitternacht bis 2 u fort. Vergl. auch 1845 (p. 5). Makerstoun (Roxburgshire in Schottland) ist die Sternwarte, welche man dem edlen wissenschaftlichen Eifer von Sir Thomas Brisbane verdankt. Ueber stündliche Tages- und Nachtbeobachtungen von Petersburg s. Kupffer, Compte rendu météor. et magn. à Mr. de Brock en 1851, p. 17. Sabine, in seiner schönen, sehr

scharfsinnig kombinierten graphischen Darstellung der stündlichen Deklinationskurve von Toronto deutet an, wie vor der kleinen nächtlichen Westbewegung, welche um 11^u beginnt und bis 15^u dauert, eine sonderbare zweistündige Ruhe (von 9 bis 11 Uhr) eintritt. „We find," sagt Sabine, „alternate progression and retrogression at Toronto twice in the 24 hours. In 2 of the 8 quarters (1841 and 1842) the inferior degree of regularity during the night occassions the occurence of *a triple max. and min.*; in the remaining quarters the turning hours are the same as those of the mean of the 2 years." Für die sehr vollständigen Beobachtungen von Washington s. Gilliß, Magn. and meteor. observations made at Washington p. 325 (general law). Vergl. damit Bache, Observ. at the magn. and meteor. Observatory, at the Girard College, Philadelphia, made in the years 1840 to 1845 (3 Bände, enthaltend 3212 Seiten Querfolio), Vol. I, p. 709. Vol. II, p. 1285. Vol. III, p. 2167 und 2702. Trotz der Nähe beider Orte (Philadelphia ist nur $1^0 4'$ nördlicher und $0^u 7' 3''$ östlicher als Washington) finde ich Verschiedenheit in den kleinen Perioden des westlichen sekundären Maximums und sekundären Minimums. Ersteres ist in Philadelphia um $1^1/_2{}^u$, letzteres um $2^1/_4{}^u$ verfrühet.

[85] (S. 88.) Beispiele solcher kleinen Verfrühungen finde ich angegeben vom Lieut. Gilliß in seinem Magnet. observ. of Washington p. 328. Auch im nördlichen Schottland, in Makerstoun (lat. $55^0 35'$), gibt es Schwankungen in dem zweiten Minimum, das in den ersten 3 und 4 letzten Monaten des Jahres um 21^u, in den übrigen 5 Monaten (April bis August) um 19^u eintritt; also im Gegensatz mit Berlin und Greenwich. Gegen den Anteil der Wärme an den regelmäßigen Aenderungen der stündlichen Deklination, deren Minimum am Morgen nahe um die Zeit des Minimums der Temperatur, wie das Maximum nahe mit dem Maximum der Wärme eintritt, sprechen deutlichst die Bewegungen der Nadel in der Nachtperiode, das zweite Minimum und das zweite Maximum. „Es gibt 2 Maxima und 2 Minima der Deklination in 24 Stunden, und doch nur ein Minimum und ein Maximum der Temperatur." Ueber den normalen Gang der Magnetnadel im nördlichen Deutschland s. das Naturgetreueste in einer Abhandlung von Dove (Poggend. Ann. Bd. XIX, S. 364—374).

[86] (S. 89.) Professor Orlebar in Oxford, einst Superintendent des auf Kosten der ostindischen Compagnie auf der Insel Colaba erbauten magnetischen Observatoriums, hat die verwickelten Gesetze der Deklinationsveränderungen in den Subperioden zu erörtern gesucht. Merkwürdig scheint mir der mit dem des mittleren Europas so übereinstimmende Gang der Nadel in der ersten Periode von April bis Oktober (westl. Min. $19^1/_2{}^u$, Max. $0^1/_2{}^u$; Min. $5^1/_2{}^u$, Max. 7^u). Der Monat Oktober selbst ist eine Uebergangsperiode; denn im November und Dezember erreicht die Quantität der täg=

lichen Deklination kaum zwei Minuten. Trotz der noch 8° betragenden Entfernung vom magnetischen Aequator ist doch schon die Regelmäßigkeit von Wendestunden schwer zu erkennen. Ueberall in der Natur, wo verschiedenartige Störungsursachen in wiederkehrenden, aber uns der Dauer nach unerkannten Perioden auf ein Phänomen der Bewegung wirken, bleibt, da die Störungen oft in ihrer Anhäufung entgegengesetzt agieren oder sich ungleich verstärken, das Gesetzliche lange verdeckt.

[87] (S. 90.) Die älteste Angabe der Abweichung, von Keutsungchy, einem Schriftsteller aus dem Anfang des 12. Jahrhunderts, war Ost 5/6 Süd.

[88] (S. 90.) Ueber den alten Verkehr der Chinesen mit Java nach Berichten von Fahian im Fo-kue-ki s. Wilhelm von Humboldt, Ueber die Kawisprache Bd. I, S. 16.

[89] (S. 90.) Das Resultat, welches Macdonald aus seinen Beobachtungen in Fort Marlborough (gelegen über der Stadt Benkoelen, Br. 3° 47′ Süd, in Sumatra) selbst zieht, und nach welchem die östliche Elongation von 10 u bis 5 u im Zunehmen begriffen sein soll, scheint mir nicht ganz gerechtfertigt. Seit der Mittagsstunde ist regelmäßig erst um 3, 4 oder 5 Uhr beobachtet worden, und einzelne, außer den Normalstunden gesammelte, zerstreute Beobachtungen machen es wahrscheinlich, daß auf Sumatra die Wendestunde der östlichen Elongation zur westlichen schon um 2 u eintrat, ganz wie in Hobarton. Wir besitzen durch Macdonald Deklinationsbeobachtungen aus 23 Monaten (vom Juni 1794 bis Juni 1796), und an diesen sehe ich in allen Jahreszeiten die östliche Abweichung von 19½ u bis Mittag durch fortgesetzte Bewegung der Nadel von W nach O zunehmen. Von dem Typus der nördlichen Halbkugel (Toronto), welcher zu Singapur von Mai bis September herrschte, ist hier keine Spur; und doch liegt Fort Marlborough unter fast gleichem Meridian, aber im Süden des geographischen Aequators, nur 5° 4′ von Singapur entfernt.

[90] (S. 92.) Die Regelmäßigkeit des Gegensatzes in den beiden Jahresabteilungen Mai bis September (Typus der mittleren Breiten in der nördlichen Halbkugel) und Oktober bis Februar (Typus der mittleren Breiten der südlichen Halbkugel) stellt sich in ihrer auffallenden Bestimmtheit graphisch dar, wenn man die Form und Inflexionen der Kurve stündlicher Abweichung einzeln in den Tagesabschnitten von 14 u bis 22 u, von 21 u bis 4 u und von 4 u bis 14 u miteinander vergleicht. Jeder Beugung über die Linie, welche die mittlere Deklination bezeichnet, entspricht eine fast gleiche unter derselben. Selbst in der nächtlichen Periode ist der Gegensatz bemerkbar, und was noch denkwürdiger erscheint, ist die Bemerkung, daß, indem der Typus von St. Helena und des Vorgebirges der guten Hoffnung der der nördlichen Halbkugel ist, sogar auch in denselben Monaten an diesen so südlich gelegenen Orten dieselbe Verfrühung der Wechselstunden als in Kanada (Toronto) eintritt.

[91] (S. 92.) An den südlichen Küsten des Roten Meeres soll ein sehr fleißiger Beobachter, Herr d'Abbadie, den seltsamen, nach den Jahreszeiten wechselnden Typus der Magnetdeklination vom Vorgebirge der guten Hoffnung, von St. Helena und Singapur beobachtet haben. „Es scheint," bemerkt Sabine, „eine Folge von der jetzigen Lage der 4 foci der stärksten Intensität der Erdkraft zu sein, daß die wichtige Kurve der relativ (nicht absolut) schwächsten Intensität in dem Südatlantischen Ozean sich aus der Nähe von St Helena gegen die Südspitze von Afrika hinzieht. Die astronomisch-geographische Lage dieser Südspitze, wo die Sonne das ganze Jahr hindurch nördlich vom Zenith steht, gibt einen Hauptgrund gegen de la Rives thermale Erklärung des hier berührten, auf den ersten Blick abnorm scheinenden und doch sehr gesetzlichen, an anderen Punkten sich wiederholenden Phänomens von St. Helena."

[92] (S. 93.) Halleys Erklärung des Nordlichtes hängt leider mit der 25 Jahre früher von ihm entwickelten phantastischen Hypothese zusammen, nach welcher in der hohlen Erdkugel zwischen der äußeren Schale, auf der wir wohnen, und dem inneren, auch von Menschen bewohnten dichten Kerne (zur Erleichterung der Geschäfte in diesem unterirdischen Leben) sich ein leuchtendes Fluidum befindet. „In order to make that inner Globe capable of being inhabited, there might not improbably be contained some luminous Medium between the balls, so as to make a perpetual Day below." Da nun in der Gegend der Rotationspole die äußere Schale unserer Erdrinde (wegen der entstandenen Abplattung) weit dünner sein müsse als unter dem Aequator, so suche sich zu gewissen Zeiten, besonders in den Aequinoktien, das innere leuchtende Fluidum, d. i. das magnetische, in der dünnen Polargegend einen Weg durch die Spalten des Gesteins. Das Ausströmen dieses Fluidums ist nach Halley die Erscheinung des Nordlichtes. Versuche mit Eisenfeilen, auf einen sphäroidischen Magnet (eine Terrelle) gestreut, dienen dazu, die Richtung der leuchtenden farbigen Strahlen des Nordlichtes zu erklären. „Sowie jeder seinen eigenen Regenbogen sieht, so steht auch für jeden Beobachter die Corona an einem anderen Punkte." Ueber den geognostischen Traum eines geistreichen und in allen seinen magnetischen und astronomischen Arbeiten so gründlichen Forschers vgl. Kosmos Bd. I, S. 123 und 293, Anm. 94.

[93] (S. 94.) Bei großer Ermüdung in vielen aufeinander folgenden Nächten wurden Prof. Oltmanns und ich bisweilen unterstützt von sehr zuverlässigen Beobachtern, dem Herrn Baukondukteur Mämpel, dem Geographen Hrn. Friesen, dem sehr unterrichteten Mechanikus Nathan Mendelssohn und unserem großen Geognosten Leopold von Buch. Ich nenne immer gern in diesem Buche, wie in allen meinen früheren Schriften, die, welche meine Arbeiten freundlichst geteilt haben.

[94] (S. 95.) Der Monat September 1806 war auffallend reich

an **großen magnetischen Ungewittern.** Ich führe aus meinem Journale beispielsweise folgende an:

21./22. Sept. 1806 von 16 u 36′ bis 17 u 43′
22./23. „ „ von 16 u 40′ bis 19 u 2′
23./24. „ „ von 15 u 33′ bis 18 u 27′
24./25. „ „ von 15 u 4′ bis 18 u 2′
25./26. „ „ von 14 u 22′ bis 16 u 30′
26./27. „ „ von 14 u 12′ bis 16 u 3′
27./28. „ „ von 13 u 55′ bis 17 u 27′
28./29. „ „ von 13 u 3′ bis 13 u 22′ ein kleines Ungewitter, dann die ganze Nacht bis Mittag größte Ruhe;
29./30. Sept. 1806 von 10 u 26′ bis 11 u 32′ ein kleines Ungewitter, dann große Ruhe bis 17 u 6′;
30. Sept./1. Okt. 1806 um 14 u 46′ ein großes, aber kurzes Ungewitter, dann vollkommene Ruhe, und um 16 u 30′ wieder ebenso großes Ungewitter.

Dem großen storm vom 25./26. Sept. war schon von 7 u 8′ bis 9 u 11′ ein noch stärkerer vorhergegangen. In den folgenden Wintermonaten war die Zahl der Störungen sehr gering, und nie mit den Herbstäquinoktialstörungen zu vergleichen. Ich nenne **großes Ungewitter** einen Zustand, in welchem die Nadel Oszillationen von 20 bis 38 Minuten macht, oder alle Teilstriche des Segmentes überschreitet, oder wenn gar die Beobachtung unmöglich wird. Im **kleinen Ungewitter** sind die Schwankungen unregelmäßig von 5 bis 8 Minuten.

95 (S. 95.) Schwingungen **ohne Veränderung in der Abweichung** sind zu Paris von Arago in zehnjährigen fleißigen Beobachtungen bis 1829 nicht wahrgenommen worden. „J'ai communiqué à l'Académie,“ schreibt er in jenem Jahre, „les résultats de nos observations simultanées. J'ai été surpris des oscillations qu'éprouve parfois l'aiguille de déclinaison à Berlin dans les observations de 1806, 1807, et de 1828 et 1829, lors même que la déclinaison moyenne n'est pas altérée. Ici (à Paris) nous ne trouvons jamais rien de semblable. Si l'aiguille éprouve de fortes oscillations, s'est seulement en temps d'aurore boréale et lorsque sa direction absolue a été notablement dérangée: et encore *le plus souvent* les dérangements dans la direction ne sont-ils pas accompagnés du mouvement oscillatoire.“ Ganz entgegengesetzt den hier geschilderten Erscheinungen sind aber die in Toronto aus den Jahren 1840 und 1841 in der nördlichen Breite von 43° 39′ Sie stimmen genau mit denen von Berlin überein. Die Beobachter in Toronto waren so aufmerksam auf die Art der Bewegung, daß sie strong and slight vibrations, shocks und alle Grade der disturbances nach bestimmten Unterabteilungen der Skale angeben, und eine solche Nomenklatur bestimmt und einförmig befolgen. Aus den genannten

zwei Jahren werden aus Kanada 6 Gruppen aufeinander folgender Tage (zusammen 146 an der Zahl) aufgeführt, in denen die Oszillationen oft sehr stark waren (with strong shocks), ohne merkliche Veränderung in der stündlichen Deklination. Solche Gruppen sind bezeichnet durch die Ueberschrift: „Times of observations at Toronto, at which the Magnetometers were disturbed, but the mean readings were not materially changed.“ Auch die Veränderungen der Abweichung während der häufigen Nordlichter waren zu Toronto fast immer von starken Oszillationen begleitet, oft sogar von solchen, die alles Ablesen unmöglich machten. Wir erfahren also durch diese der weiteren Prüfung nicht genug zu empfehlenden Erscheinungen, daß, wenn auch oft momentane, die Nadel beunruhigende Abweichungsveränderungen große und definitive Veränderungen in der Variation zur Folge haben, doch im ganzen die Größe der Schwingungsbogen keineswegs der Größe des Maßes der Deklinationsveränderung entspricht; daß bei sehr unmerklichen Deklinationsveränderungen die Schwingungen sehr groß, wie ohne alle Schwingung der Fortschritt der Nadel in der westlichen oder östlichen Abweichung schnell und beträchtlich sein kann; auch daß diese Prozesse magnetischer Thätigkeit an verschiedenen Orten einen eigenen und verschiedenen Charakter annehmen.

[96] (S. 96.) Dies war Ende September 1806. Veröffentlicht wurde die Thatsache in Poggendorffs Annalen der Physik Bd. XV (April 1829), S. 330. Es heißt dort: „Meine älteren, mit Oltmanns angestellten stündlichen Beobachtungen hatten den Vorzug, daß damals (1806 und 1807) keine ähnlichen, weder in Frankreich noch in England angestellt wurden. Sie gaben die nächtlichen Maxima und Minima, sie lehrten die merkwürdigen magnetischen Gewitter kennen, welche durch die Stärke der Oszillationen oft alle Beobachtung unmöglich machen, mehrere Nächte hintereinander zu derselben Zeit eintreten, ohne daß irgend eine Einwirkung meteorologischer Verhältnisse dabei bisher erkannt werden können.“ Es ist also nicht erst im Jahre 1839, daß eine gewisse Periodizität der außerordentlichen Störungen erkannt worden ist.

[97] (S. 96.) Sabine in den Phil. Tr. for 1851, P. I. p. 125—127: „The *diurnal variation* observed is in fact constituted by two variations *superposed* upon each other, having different laws and bearing different proportions to each other in different parts of the globe. At tropical stations the influence of what have been hitherto called the *irregular* disturbances *(magnetic storms)*, is comparatively feeble; but it is otherwise at stations situated as are Toronto (Canada) and Hobarton (Van Diemen-Island), where their influence is both really and proportionally greater, and amounts to a clearly recognizable part of the whole diurnal variation.“ Es findet

hier in der zusammengesetzten Wirkung gleichzeitiger, aber verschiedener Bewegungsursachen dasselbe statt, was von Poisson so schön in der Theorie der Wellen entwickelt ist: „Plusieurs sortes d'ondes peuvent se croiser dans l'eau comme dans l'air; les petits mouvements se *superposent.*" Vergl. Lamonts Vermutungen über die zusammengesetzte Wirkung einer Polar- und einer Aequatorialwelle in Poggend. Annalen Bd. 84, S. 583.

[98] (S. 98.) Nach Lamont und Reslhuber ist die magnetische Periode 10⅓ Jahre, so daß die Größe des Mittels der täglichen Bewegung der Nadel 5 Jahre hindurch zu- und 5 Jahre hindurch abnimmt, wobei die winterliche Bewegung (amplitudo der Abweichung) immerfort fast doppelt so schwach als die der Sommermonate ist. Der Direktor der Berner Sternwarte, Herr Rudolf Wolf, findet durch eine vielumfassendere Arbeit, daß die zusammentreffende Periode der Magnetdeklination und der Frequenz der Sonnenflecken auf 11,1 Jahr zu setzen sei.

[99] (S. 99.) Sabine, Unusual Disturb. Vol. I, P. 1, p. XIV—XVIII, wo Tafeln von gleichzeitigen storms in Toronto, Prag und auf Vandiemen zu finden sind. An Tagen, wo in Kanada die magnetischen Ungewitter am stärksten waren (22. März, 10. Mai, 6. August und 25. September 1841), zeigten sich dieselben Erscheinungen in der südlichen Hemisphäre, in Australien.

[100] (S. 100.) Zu sehr verschiedenen Zeitepochen, einmal (1809) in meinem Recueil d'Observ. astron. Vol. I, p. 368; das andere Mal (1839) in einem Briefe an den Grafen Minto, damaligen ersten Lord der Admiralität, wenige Tage nach der Abreise von Sir James Roß zu der Südpolerpedition, habe ich die Wichtigkeit meines im Texte berührten Vorschlages näher entwickelt. „Suivre les traces de l'équateur magnetique ou celles des lignes sans déclinaison c'est gouverner (diriger la route du vaisseau) de manière à couper les lignes zéro dans les intervalles les plus petits, en changeant de rumb chaque fois que les observations d'inclinaison ou de déclinaison prouvent qu'on a dévié. Je n'ignore pas que d'après de grandes vues sur les véritables fondements d'une *Théorie générale du Magnétisme terrestre,* dues a Mr. Gauss, la connaissance approfondie de l'*intensité horizontale*, le choix des points où les 3 éléments de déclinaison, d'inclinaison et d'intensité totale ont été mesurés *simultanément*, suffisent pour trouver la valeur de $\frac{V}{R}$ (Gauss § 4 et 27), et que ce sont là les *points vitaux* des recherches futures; mais la somme des *petites attractions* locales, les besoins du pilotage, les corrections habituelles du rumb et la sécurité des routes continuent à donner une importance spéciale à la connaissance de la position et des mouvements de translation périodique des *lignes sans déclinaison*. Je plaide ici leur cause, qui est liée aux intérêts de la Géographie physique."

Es werden noch viele Jahre vergehen, ehe Variationskarten, nach der Theorie des Erdmagnetismus konstruiert, den Seefahrer leiten können, und die ganz objektive, auf wirkliche Beobachtung gerichtete Ansicht, welche ich hier verteidige, würde, wenn sie zu periodisch wiederkehrenden Bestimmungen, also zu gleichzeitig angestellten See- und Landexpeditionen, nach einem vorgesetzten Zweck, führte, beide Vorteile zugleich gewähren, den einer unmittelbaren praktischen Anwendung wie einer genauen Kenntnis von der mit den Jahren fortschreitenden Bewegung der Linien, und den Vorteil, der von Gauß gegründeten Theorie viele neue, der Rechnung unterzulegende Data (Gauß § 25) zu liefern. Uebrigens wäre es, um die genaue Bestimmung der Bewegung der 2 Linien ohne Neigung und ohne Abweichung zu erleichtern, besonders wichtig, Landmarken da zu veranstalten, wo die Linien in die Kontinente treten oder sie verlassen, für die Jahre 1850, 1875, 1900 .... Auf solchen Expeditionen, den alten Halleyschen ähnlich, würden überdies, um zu den Nulllinien der Deklination und Inklination zu gelangen, viele andere isoklinische und isogonische Linien durchschnitten, und es könnte an den Küsten horizontale und totale Intensität gemessen werden, so daß mehrere Zwecke zugleich erreicht würden. Den hier geäußerten Wunsch finde ich unterstützt durch eine große nautische Autorität, auf welche ich immer so gern hinweise, durch die Autorität von Sir James Roß.

[101] (S. 100.) Ich habe schon früher die Frage berührt, ob nicht die Meinung holländischer Seeleute von 4 Linien ohne Abweichung durch die Streitigkeiten von Bond mit Beckborrow auf die Halleysche Theorie von 4 Magnetpolen Einfluß gehabt habe? (Kosmos Bd. II, S. 327.)

[102] (S. 101.) In dem Inneren von Afrika verdient die isogonische Linie von 22¼° W. als Vermittelungslinie sehr verschiedener Systeme und als fortlaufend (nach der theoretischen Konstruktion von Gauß) aus dem östlichen Indischen Ozean quer durch Afrika bis Neufundland eine besondere kosmische Beachtung. Die rühmliche Ausdehnung, welche die großbritannische Regierung in diesem Jahre der afrikanischen Expedition von Richardson, Barth und Overweg gegeben hat, wird vielleicht zu der Lösung solcher magnetischer Probleme führen.

[103] (S. 101.) Sir James Roß durchschnitt die Kurve ohne Abweichung in südl. Breite 61½° und Pariser westlicher Länge 24° 50′. In Breite — 70° 43′ und westlicher Länge 19° 8′ fand Kapitän Crozier März 1843 die Abweichung 1° 38′; er war also der Nulllinie sehr nahe.

[104] (S. 102.) Die längliche kleine Insel, auf der das Sandelholz (malaiisch und javanisch tschendana, sanskr. tschandana, arab. fsandel) gesammelt wird.

[105] (S. 103.) So nach Barlow und nach der Karte im Report of the Committee for the Antarctic Exped. 1840. Nach

Barlow tritt die von Australien kommende Linie ohne Abweichung in den asiatischen Kontinent bei dem Cambaygolf ein, wendet sich aber gleich wieder nordöstlich über Tibet und China bei Thaiwan (Formosa) hin in das Japanische Meer. Nach Gauß steigt die australische Linie einfach durch Persien über Nischnij Nowgorod nach Lappland auf. Dieser große Geometer hält die Nulllinie des Japanischen und Philippinischen Meeres, wie der geschlossenen eiförmigen Gruppe im östlichen Asien für ganz zusammenhängend mit der von Australien, dem Indischen Meere, dem westlichen Asien und Lappland.

[106] (S. 103.) Ich habe von dieser Identität, welche meine eigenen Deklinationsbeobachtungen im Kaspischen Meere, in Uralsk am Jaik und in der Steppe am Eltonsee begründen, an einem anderen Orte (Asie centrale T. III. p. 458—461) gehandelt.

[107] (S. 103.) Daß die australische Kurve ohne Abweichung aber nicht Java durchschneidet, lehrt bestimmt Elliots Karte; es läuft dieselbe dem südlichen Litorale parallel in einer Entfernung von $1^1/_2$ Breitengraden. Da nach Erman (nicht nach Gauß) die australische Nulllinie zwischen Malakka und Borneo durch das Japanische Meer zu der geschlossenen eiförmigen Gruppe von Ostasien an der nördlichen Küste des Ochotskischen Meerbusens (Breite $59^1/_2{}^0$) in den Kontinent eintritt, und doch wieder durch Malakka herabsteigt, so würde dort die aufsteigende von der absteigenden nur 11^0 getrennt sein, und nach dieser graphischen Darstellung wäre die Linie ohne Abweichung des westlichen Asiens (vom Kaspischen Meere bis zum russischen Lappland) eine unmittelbare und nächste Fortsetzung des von Norden nach Süden herabkommenden Teiles.

[108] (S. 103.) Ich habe schon aus Dokumenten, die sich in den Archiven von Moskau und Hannover befinden, im Jahre 1843 darauf aufmerksam gemacht, wie Leibniz, der den ersten Plan zu einer französischen Expedition nach Aegypten eingereicht hatte, auch am frühesten sich bemühte, die mit dem Zar Peter dem Großen 1712 in Deutschland angeknüpften Verhältnisse dahin zu benutzen, in dem russischen Reiche, dessen Flächeninhalt den der von uns gesehenen Mondfläche übertrifft, „die Lage der Abweichungs- und Inklinationslinien bestimmen zu lassen und anzuordnen, daß diese Bestimmungen zu gewissen Epochen wiederholt würden". In einem von Pertz aufgefundenen, an den Zar gerichteten Briefe erwähnt Leibniz eines kleinen Handglobus (terrella), der noch in Hannover aufbewahrt wird und auf welchem er die Kurve, in der die Abweichung null ist (seine linea magnetica primaria), dargestellt hatte. Er behauptet, daß es nur eine einzige Linie ohne Abweichung gebe; sie teile die Erdkugel in zwei fast gleiche Teile, habe 4 puncta flexus contrarii. Sinuositäten, in denen sie von konvexen in konkave Scheitel übergeht; vom grünen Vorgebirge bewege sie sich nach den östlichen Küsten von Nordamerika unter 36^0 Breite, dann richte sie sich durch die Südsee nach Ostasien und Neuholland. Diese Linie sei in sich selbst geschlossen, und bei den Polen vorüber-

gehend, bleibe sie dem Südpole näher als dem Nordpole; unter letzterem müsse die Deklination 25° westlich, unter ersterem nur 5° sein. Die Bewegung dieser wichtigen Kurve sei im Anfange des 18. Jahrhunderts gegen den Nordpol gerichtet. Oestliche Abweichung von 0° bis 15° herrsche in einem Teile des Atlantischen Ozeans, in der ganzen Südsee, in Japan, einem Teile von China und Neuholland. Da der Leibarzt Donelli gestorben sei, so solle er durch einen anderen ersetzt werden, der recht wenig Medikamente, aber vielen wissenschaftlichen Rat über die magnetischen Deklinations- und Inklinationsbestimmungen geben könne ...." Spezielle theoretische Ansichten leuchten freilich nicht aus diesen bisher ganz unbeachteten Dokumenten von Leibniz hervor.

[109] (S. 105.) Bei der Beurteilung so naher Epochen des Durchganges der Linie ohne Abweichung und der Priorität dieses Durchganges darf nicht vergessen werden, wie leicht bei den damals angewandten Instrumenten und Methoden ein Irrtum von 1° vorfallen konnte.

[110] (S. 105.) Ueber die älteren Magnetbeobachtungen in St. Petersburg aus der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts herrscht große Unsicherheit. Die Abweichung soll von 1726 bis 1772 immer 3° 15′ oder 3° 30′ gewesen sein!

[111] (S. 106.) Die verdienstvolle Arbeit von Lottin, Bravais, Lilliehöök und Siljeström, welche vom 19. Sept. 1838 bis 8. April 1839 in Finmark zu Bossekop (Br. 69° 58′) und zu Jupvig (Br. 70° 6′) die Erscheinungen des Nordlichtes beobachteten, ist erschienen in der 4. Abteilung der Voyages en Scandinavie, en Laponie, au Spitzberg et aux Feroë, sur la Corvette La Recherche (Aurores boréales). Es sind diesen Beobachtungen beigefügt: die 1837 bis 1840 von englischen Bergbeamten in den Kupfergruben zu Kalfiord (Br. 69° 56′) erlangten wichtigen Resultate, p. 401 bis 435.

[112] (S. 106.) Das dunkle Segment und das unbestreitbare Aufsteigen schwarzer Strahlen oder Streifen, in denen (durch Interferenz?) der Lichtprozeß vernichtet ist, erinnern an Quets Recherches sur l'Electrochimie dans le vide, und an Ruhmkorffs feine Versuche, bei denen im luftverdünnten Raume die positive Metallkugel von rotem, die negative von violettem Lichte strahlte, aber die stark leuchtenden parallelen Strahlenschichten regelmäßig durch ganz dunkle Schichten getrennt waren. „La lumière répandue entre les boules terminales des deux conducteurs électriques se partage en tranches nombreuses et parallèles, séparées par des couches obscures alternantes, et régulièrement distinctes."

[113] (S. 108.) Die ältesten Vermutungen über den Verkehr des Nordlichtes und der Wolkenbildung sind wohl die von Frobesius.

[114] (S. 108.) Ich entlehne ein einziges Beispiel aus meinem handschriftlichen Tagebuche der sibirischen Reise: „Die ganze Nacht

vom 5. bis 6. August (1829), von meinen Reisebegleitern getrennt, in freier Luft zugebracht, in dem Kosakenvorposten Krasnaja-Jarki, dem östlichsten am Irtysch, längs der Grenze der chinesischen Dsungarei, und deshalb von einiger Wichtigkeit für die astronomische Ortsbestimmung. Nacht von großer Heiterkeit. Am östlichen Himmelsgewölbe bildeten sich plötzlich vor Mitternacht Polarcirrusstreifen (de petits moutons également espacés, distribués en bandes parallèles et polaires). Größte Höhe 35°. Der nördliche Konvergenzpunkt bewegt sich langsam gegen Osten. Sie verschwinden, ohne den Zenith zu erreichen und es bilden sich wenige Minuten darauf ganz ähnliche Polarcirrusbanden am nordöstlichen Himmelsgewölbe. Diese bewegen sich während eines Teiles der Nacht fast bis zum Aufgang der Sonne wieder sehr regelmäßig bis N 70° O. In der Nacht ungewöhnlich viele Sternschnuppen und farbige Ringe um den Mond. Keine Spur von eigentlichem Nordlichte. Etwas Regen bei gefiedertem Gewölk; dann am 6. August vormittags heiterer Himmel mit den aufs neue gebildeten Polarbanden von NNO in SSW unbeweglich und das Azimut nicht verändernd, wie ich in Quito und Mexiko so oft gesehen." (Die Magnetabweichung im Altai ist östlich.)

115 (S. 108) **Bravais**, der, gegen meine Erfahrungen, die Cirrushäufchen in Bossekop fast immer wie Nordlichtbogen rechtwinkelig gegen den magnetischen Meridian gerichtet fand, beschreibt mit gewohnter Genauigkeit die Drehungen der wahren Nordlichtbogen. Auch in der südlichen Hemisphäre hat Sir James Roß solche progressive Veränderungen der Nordlichtbogen (Fortschreiten von WNW—OSO in NNO—SSW) in Südlichtern beobachtet. Farbenlosigkeit scheint den Südlichtern oft eigen zu sein.

116 (S. 108.) Die am hellen Tage gesehenen Nordlichtbogen erinnern an die Lichtstärke der Kerne und Schweife der Kometen von 1843 und 1847, welche in Nordamerika, in Parma und London nahe bei der Sonne erkannt wurden.

117 (S. 109.) Die ungleiche Wirkung, welche ein Nordlicht auf die Deklinationsnadel an Erdpunkten ausübt, die unter sehr verschiedenen Meridianen liegen, kann in vielen Fällen auf die Ortsbestimmungen der wirkenden Ursache führen, da der Ausbruch des leuchtenden magnetischen Ungewitters keineswegs immer in dem Magnetpol selbst zu suchen ist und, wie schon Argelander behauptet und Bravais bekräftigt hat, der Gipfel des Lichtbogens bisweilen mehr als 11° vom magnetischen Meridian abweicht.

118 (S. 109.) „Am 20. Dezember 1806: Himmel azurblau, ohne Spur von Gewölk. Gegen 10^{u} erschien in NNW der rötlich gelbe Lichtbogen, durch den ich im Nachtfernrohr Sterne 7. Größe unterscheiden konnte. Durch Wega, die fast unter dem höchsten Punkte des Bogens stand, fand ich dieses Punktes Azimut. Es war dasselbe etwas westlicher als die Vertikalebene, durch die magnetische Abweichung gelegt. Das Nordlicht, welches in Nord-

Nord-Westen stand, stieß den Nordpol der Nadel ab; denn statt nach Westen, wie das Azimut des Bogens, fortzuschreiten, ging die Nadel nach Osten zurück. Die Veränderungen in der Magnetdeklination, welche in diesem Monate nachts gewöhnlich 2′ 27″ bis 3′ betragen, stiegen während des Nordlichtes progressiv und ohne große Oszillationen auf 26′ 28″. Die Abweichung war am kleinsten, als das Nordlicht um 9 u 12′ am stärksten war. Die horizontale Kraft fanden wir während des Nordlichtes 1′ 37,73″ für 21 Schwingungen; um 21 u 50′, also lange nach dem Nordlichte, das um 14 u 10′ geendigt hatte, 1′ 37,17″ bei derselben Zahl der Schwingungen. Temperatur des Zimmers, wo die Schwingungen der kleinen Nadel gemessen wurden, im ersten Falle 3,2°; im zweiten 2,8°. Die Intensität war also während des Nordlichtes um ein weniges vermindert. Mond ohne alle farbigen Ringe." (Aus meinem magnetischen Tagebuche.)

[119] (S. 110.) Sabine, On days of unusual magn. Disturbances P. I. p. XVIII. „Mr. Bravais conclut des observations de Laponie que l'intensité horizontale diminue pendant la période la plus active du phénomène de l'aurore boréale" (Martins p. 461.)

[120] (S. 111.) Als ich im Jahre 1796 am fränkischen Fichtelgebirge, wo ich die Stelle eines Oberbergmeisters bekleidete, den so merkwürdigen polarischen Serpentinberg (Haidberg) bei Gefreß auffand, welcher in einzelnen Punkten bis in 22 Fuß (7,15 m) Entfernung auf die Abweichung der Nadel wirkt, wurde diese Frage besonders angeregt. Ich hatte zu finden geglaubt, daß die Magnetachsen des Berges gegen die Erdpole gänzlich invertiert liegen; aber nach Untersuchungen von Bischoff und Goldfuß sind für 1816 zwar auch magnetische Achsen, welche den Haidberg durchsetzen und an entgegengesetzten Abhängen entgegengesetzte Pole darbieten, erkannt worden, doch war die Orientierung der Achsen verschieden von der, welche ich angegeben. Der Haidberg selbst besteht aus lauchgrünem Serpentinstein, der teilweise in Chlorit- und Hornblendschiefer übergeht. Bei dem Dorfe Voysaco in der Andeskette von Pasto haben wir Geschiebe von Thonporphyr, bei der Besteigung des Chimborazo Gruppen säulenförmigen Trachyts gefunden, welche die Nadel in 3 Fuß (97 cm) Entfernung beunruhigten. Auffallend war es mir, daß ich den schwarzen und roten Obsidianen des Quinche, nördlich von Quito, wie in den grauen des Cerro de las Navajas von Mexiko große Fragmente mit bestimmten Polen gefunden habe. Sämtliche große Magnetberge des Uralgebirges, wie der Blagodat bei Kuschwa, die Wyßokaja Gora bei Nischne-Tagilsk, der Katschkanar bei Nischne-Turinsk, sind aus Augit- oder vielmehr aus Uralitporphyr hervorgebrochen. In dem großen Magnetberge Blagodat, welchen ich mit Gustav Rose auf der sibirischen Expedition 1829 untersuchte, scheint die Gesamtwirkung der einzelnen polarisierenden Teile schlechterdings keine bestimmte, erkenn-

bare Magnetachsen hervorgebracht zu haben. Nahe nebeneinander liegen, unregelmäßig vermengt, entgegengesetzte Pole. So hatte es auch vor uns schon Erman gefunden. Ueber den Intensitätsgrad der polarischen Stärke im Serpentin, Basalt und Trachytgestein, verglichen mit der Quantität der diesen Gesteinen eingemengten Teile von Magneteisen und Eisenoxydul, wie über den schon von Gmelin und Gibbs behaupteten Einfluß der Luftberührung auf Entwickelung der Polarität s. die zahlreichen und sehr beachtenswerten Versuche von Zaddach in dessen Beobachtungen über die magnetische Polarität des Basaltes und der trachytischen Gesteine 1851, S. 56, 65—78 und 95. Aus Vergleichung vieler Basaltsteinbrüche in Hinsicht auf die Polarität der lange schon einzeln stehenden Säulen, oder solcher Säulenwände, die jetzt erst in Berührung mit der Atmosphäre kommen, aus Entblößung von Erde einzelner Massen gegen die Tiefe hin, glaubt Dr. Zaddach folgern zu können, daß die polarische Eigenschaft, welche bei freiem Zutritt der Atmosphäre und in einem von offenen Spalten durchsetzten Gestein immer am intensivsten erscheint, „sich von außen nach innen und gewöhnlich von oben nach unten zu verbreitet". Gmelin sagt von dem großen Magnetberg Ulu-utasse-Tau, im Lande der Baschkiren, nahe am Jaik: „Die Seiten, welche dem Tage ausgesetzt sind, haben die stärkste magnetische Kraft; diejenigen aber, welche in der Erde liegen, sind viel schwächer." Auch mein großer Lehrer Werner äußerte die Meinung, „von dem Einfluß der Luftberührung, welche nicht auf dem Wege einer vermehrten Oxydation die Polarität und die Anziehung verstärkt haben könnte", wenn er in seinen Vorträgen vom schwedischen Magneteisen sprach. Von der Magneteisengrube bei Succassuny in New Jersey behauptet Oberst Gibbs: „The ore raised from the bottom of the mine has no magnetism at first, but acquires it after it has been some time exposed to the influence of the atmosphere." Eine solche Behauptung sollte wohl zu genauen Versuchen anregen! — Wenn ich oben in dem Texte (S. 110) darauf aufmerksam gemacht habe, daß nicht die Quantität der einer Gebirgsart eingemengten kleinen Eisenteile allein, sondern zugleich ihre relative Verteilung (ihre Stellung) auf die Intensität der Polarkraft als Resultante wirkt, so habe ich die kleinen Teile als ebenso viele kleine Magnete betrachtet. Vergleiche neue Ansichten über diesen Gegenstand in einer Abhandlung von Melloni, die dieser große Physiker im Januar 1853 in der königl. Akademie zu Neapel verlesen hat. — Des besonders im Mittelländischen Meere so alt verbreiteten Vorurteils, daß das Reiben eines Magnetstabes mit Zwiebeln, ja schon die Ausdünstung der Zwiebelesser die Richtkraft vermindere und den Kompaß im Steuern verwirre, findet man erwähnt in Procli Diadochi Paraphrasis Ptolem. libri IV de siderum affectionibus 1635, p. 20. Es ist schwer, die Veranlassung eines so sonderbaren Volksglaubens zu erraten.

II.

Reaktion des Inneren der Erde gegen die Oberfläche; sich offenbarend: a) bloß dynamisch, durch Erschütterungswellen (Erdbeben); — b) durch die den Quellwassern mitgeteilte erhöhte Temperatur, wie durch die Stoffverschiedenheit der beigemischten Salze und Gasarten (Thermalquellen); — c) durch den Ausbruch elastischer Flüssigkeiten, zuzeiten von Erscheinungen der Selbstentzündung begleitet (Gas- und Schlammvulkane, Naphthafeuer, Salsen); — d) durch die großartigen und mächtigen Wirkungen eigentlicher Vulkane, welche (bei permanenter Verbindung durch Spalten und Krater mit dem Luftkreise) aus dem tiefsten Inneren geschmolzene Erden, teils nur als glühende Schlacken ausstoßen; teils gleichzeitig, wechselnden Prozessen kristallinischer Gesteinbildung unterworfen, in langen, schmalen Strömen ergießen.

Um, nach dem Grundplan dieser Schrift, die Verkettung der tellurischen Erscheinungen, das Zusammenwirken eines einigen Systems treibender Kräfte in der beschreibenden Darstellung festzuhalten, müssen wir hier daran erinnern, wie wir, beginnend von den allgemeinen Eigenschaften der Materie und den drei Hauptrichtungen ihrer Thätigkeit (Anziehung, licht- und wärmeerzeugenden Schwingungen, elektromagnetischen Prozessen), in der ersten Abteilung die Größe, Formbildung und Dichte unseres Planeten, seine innere Wärmeverteilung und magnetische Ladung in ihren nach bestimmten Gesetzen wechselnden Wirkungen der Intensität, Neigung und Abweichung betrachtet haben. Jene eben genannten Thätigkeitsrichtungen der Materie sind nahe verwandte Aeußerungen einer und derselben Urkraft. Am unabhängigsten von aller Stoffverschiedenheit treten dieselben in der Gravitation und Molekularanziehung auf. Wir haben unseren Planeten dabei in seiner kosmischen Beziehung zu

dem Centralkörper seines Systems dargestellt, weil die innere primitive Wärme, wahrscheinlich durch die Kondensation eines rotierenden Nebelringes erzeugt, durch Sonneneinwirkung (Insolation) modifiziert wird. In gleicher Hinsicht ist der periodischen Einwirkung der Sonnenflecken, d. h. der Frequenz oder Seltenheit der Oeffnungen in den Sonnenumhüllungen, auf den Erdmagnetismus, nach Maßgabe der neuesten Hypothesen, gedacht worden.

Die zweite Abteilung dieses Bandes ist dem Komplex derjenigen tellurischen Erscheinungen gewidmet, welche der noch fortwährend wirksamen Reaktion des Inneren der Erde gegen ihre Oberfläche zuzuschreiben sind. Ich bezeichne diesen Komplex mit dem allgemeinen Namen des Vulkanismus oder der Vulkanizität und halte es für einen Gewinn, nicht zu trennen, was einen ursachlichen Zusammenhang hat, nur der Stärke der Kraftäußerung und der Komplikation der physischen Vorgänge nach verschieden ist. In dieser Allgemeinheit der Ansicht erhalten kleine, unbedeutend scheinende Phänomene eine größere Bedeutung. Wer als ein wissenschaftlich unvorbereiteter Beobachter zum erstenmal an das Becken tritt, welches eine heiße Quelle füllt, und lichtverlöschende Gasarten darin aufsteigen sieht, wer zwischen Reihen veränderlicher Kegel von Schlammvulkanen wandelt, die kaum seine eigene Höhe überragen, ahnet nicht, daß in den friedlichen Räumen, welche die letzteren ausfüllen, mehrmals viele tausend Fuß hohe Feuerausbrüche stattgefunden haben, daß einerlei innere Kraft kolossale Erhebungskrater, ja die mächtigen verheerenden, lavaergießenden Vulkane des Aetna und Piks von Teyde, die schlackenauswerfenden des Cotopaxi und Tunguragua erzeugt.

Unter den mannigfach sich steigernden Phänomenen der Reaktion des Inneren gegen die äußere Erdrinde sondere ich zuerst diejenigen ab, deren wesentlicher Charakter ein bloß dynamischer, der der Bewegung oder der Erschütterungswellen in den festen Erdschichten ist: eine vulkanische Thätigkeit ohne notwendige Begleitung von chemischer Stoffveränderung, von etwas Stoffartigem, Ausgestoßenem oder Neuerzeugtem. Bei den anderen Reaktionsphänomenen des Inneren gegen das Aeußere, bei Gas- und Schlammvulkanen, Naphthafeuern und Salsen, bei den großen, am frühesten und lange allein Vulkane genannten Feuerbergen fehlen nie Produktion von etwas Stoffartigem (Elastisch-

Flüssigem oder Festem), Prozesse der Zersetzung und Gasentbindung, wie der Gesteinbildung aus kristallinisch geordneten Teilchen. Das sind in der größten Verallgemeinerung die unterscheidenden Kennzeichen der vulkanischen Lebensthätigkeit unseres Planeten. Insofern diese Thätigkeit im größeren Maße der hohen Temperatur der innersten Erdschichten zuzuschreiben ist, wird es wahrscheinlich, daß alle Weltkörper, welche mit Begleitung von ungeheurer Wärmeentbindung sich geballt haben und aus einem dunstförmigen Zustande in einen festen übergegangen sind, analoge Erscheinungen darbieten müssen. Das Wenige, das wir von der Oberflächengestaltung des Mondes wissen, scheint darauf hinzudeuten. Hebung und gestaltende Thätigkeit in kristallinischer Gesteinbildung aus einer geschmolzenen Masse sind auch in einem Weltkörper denkbar, den man für luft- und wasserlos hält.

Auf einem genetischen Zusammenhang der hier bezeichneten Klassen vulkanischer Erscheinungen deuten die vielfachen Spuren der Gleichzeitigkeit und begleitender Uebergänge der einfacheren und schwächeren Wirkungen in stärkere und zusammengesetztere hin. Die Reihung der Materien in der von mir gewählten Darstellung wird durch eine solche Betrachtung gerechtfertigt. Die gesteigerte magnetische Thätigkeit unseres Planeten, deren Sitz wohl aber nicht in dem geschmolzenen Inneren zu suchen ist, wenn gleich (nach Lenz und Rieß) Eisen in geschmolzenem Zustande einen elektrischen oder galvanischen Strom zu leiten vermag, erzeugt Lichtentwickelung in den Magnetpolen der Erde oder wenigstens meist in der Nähe derselben. Wir beschlossen die erste Abteilung des tellurischen Bandes mit dem Leuchten der Erde. Auf dies Phänomen einer lichterzeugenden Schwingung des Aethers durch magnetische Kräfte lassen wir nun zuerst diejenige Klasse der vulkanischen Thätigkeit folgen, welche, ihrem eigentlichen Wesen nach, ganz wie die magnetische, nur dynamisch wirkt: Bewegung, Schwingungen in der Feste erregend, nichts Stoffartiges erzeugend oder verändernd. Sekundäre, nicht wesentliche Erscheinungen (aufsteigende Flammen während des Erdbebens, Wasserausbrüche und Gasentwickelungen ihm folgend) erinnern an die Wirkung der Thermalquellen und Salsen. Flammenausbrüche, viele Meilen weit sichtbar, und Felsblöcke, der Tiefe entrissen und umhergeschleudert, zeigen die Salsen, und bereiten

gleichsam vor zu den großartigen Erscheinungen der eigentlichen Vulkane, die wiederum zwischen weit voneinander entfernten Eruptionsepochen salsenartig nur Wasserdampf und Gasarten auf Spalten aushauchen. So auffallend und lehrreich sind die Analogieen, welche in verschiedenen Stadien die Abstufungen des Vulkanismus darbieten.

a. Erdbeben.

(Erweiterung des Naturgemäldes: Kosmos Bd. I, S. 144 bis 154.)

Seitdem in dem ersten Bande dieses Werkes (1845) die allgemeine Darstellung der Erdbebenphänomene erschienen ist, hat sich das Dunkel, in welches der Sitz und die Ursachen derselben gehüllt sind, wenig vermindert; aber durch die vortrefflichen Arbeiten [1] von Mallet (1846) und Hopkins (1847) ist über die Natur der Erschütterung, den Zusammenhang scheinbar verschiedenartiger Wirkungen und über die Trennung begleitender oder gleichzeitig eintretender physikalischer und chemischer Prozesse einiges Licht verbreitet worden. Mathematische Gedankenentwickelung kann, nach Poissons Vorgange, hier, wie überall, wohlthätig wirken. Die Analogieen zwischen den Schwingungen fester Körper und den Schallwellen der Luft, auf welche Thomas Young schon aufmerksam gemacht hat, sind in den theoretischen Betrachtungen über die Dynamik der Erdbeben besonders geeignet, zu einfacheren und befriedigenderen Ansichten zu führen.

Räumliche Veränderung, Erschütterung, Hebung und Spaltenerzeugung bezeichnen den wesentlichen Charakter des Phänomens. Es sind zu unterscheiden die wirkende Kraft, welche als Impuls die Vibration erregt, und die Beschaffenheit, Fortpflanzung, Verstärkung oder Verminderung der Erschütterungswelle. Ich habe in dem Naturgemälde beschrieben, was sich zunächst den Sinnen offenbart, was ich Gelegenheit gehabt, so viele Jahre lang selbst zu beobachten auf dem Meere, auf dem Seeboden der Ebenen (Llanos), auf Höhen von 8000 bis 15 000 Fuß (2600 bis 4870 m), am Kraterrande entzündeter Vulkane und in Regionen von Granit- und Glimmerschiefer, 300 geographische Meilen (2220 km) von allen Feuerausbrüchen entfernt, in Gegenden, wo die Einwohner zu gewissen Epochen die Zahl der Erdstöße nicht mehr als wir in Europa die Zahl der Regenschauer zählen,

wo Bonpland und ich wegen Unruhe der Maultiere absteigen mußten, weil in einem Walde der Boden 15 bis 18 Minuten lang ununterbrochen erbebte. Bei einer so langen Gewohnheit, die später Boussingault in einem noch höheren Grade geteilt hat, ist man zu ruhiger und sorgfältiger Beobachtung gestimmt, wohl auch geeignet, mit kritischer Sorgfalt abweichende Zeugnisse an Ort und Stelle zu sammeln, ja zu prüfen, unter welchen Verhältnissen die mächtigen Veränderungen der Erdoberfläche erfolgt sind, deren frische Spuren man erkennt. Wenngleich schon 5 Jahre seit dem schaudervollen Erdbeben von Riobamba, welches am 4. Februar 1797 über 30000 Menschen in wenigen Minuten das Leben kostete,[2] vergangen waren, so sahen wir doch noch die einst fortschreitenden, aus der Erde aufgestiegenen Kegel der Moya und die Anwendung dieser brennbaren Substanz zum Kochen in den Hütten der Indianer. Ergebnisse von Bodenveränderungen konnte ich aus jener Katastrophe beschreiben, die in einem größeren Maßstabe ganz denen analog gewesen sind, welche das berühmte Erdbeben von Kalabrien (Februar 1783) darbot, und die man lange für ungenau und abenteuerlich dargestellt ausgegeben hat, weil sie nicht nach Theorieen zu erklären waren, welche man sich voreilig gebildet.

Indem man, wie wir bereits oben angedeutet haben, die Betrachtungen über das, was den Impuls zur Erschütterung gibt, sorgfältig von denen über das Wesen und die Fortpflanzung der Erschütterungswellen trennt, so unterscheidet man dadurch 2 Klassen der Probleme von sehr ungleicher Zugänglichkeit. Die erstere kann nach dem jetzigen Zustande unseres Wissens zu keinen allgemein befriedigenden Resultaten führen, wie bei so vielen, indem wir bis zu den letzten Ursachen aufsteigen wollen. Dennoch ist es von großem kosmischen Interesse, während wir uns bestreben, in dem der wirklichen Beobachtung Unterworfenen das Gesetzliche zu erforschen, die verschiedenen, bisher als wahrscheinlich aufgestellten genetischen Erklärungsarten fortdauernd im Auge zu behalten. Der größere Teil derselben bezieht sich, wie bei aller Vulkanizität, unter mancherlei Modifikationen auf die hohe Temperatur und chemische Beschaffenheit des geschmolzenen Inneren der Erde; eine einzige und zwar die neueste Erklärungsart des Erdbebens in trachytischen Regionen ist das Ergebnis geognostischer Vermutungen über den Nichtzusammenhang vulkanisch gehobener Felsmassen. Fol-

gende Zusammenstellung bezeichnet näher und in gedrängter Kürze die Verschiedenheit der Ansichten über die Natur des ersten Impulses zur Erschütterung:

Der Kern der Erde wird als in feurig flüssigem Zustande gedacht: als Folge alles planetarischen Bildungsprozesses aus einer gasförmigen Materie, durch Entbindung der Wärme bei dem Uebergange des Flüssigen zum Dichten. Die äußeren Schichten haben sich durch Strahlung zuerst abgekühlt und am frühesten erhärtet. Ein ungleichartiges Aufsteigen elastischer Dämpfe, gebildet (an der Grenze zwischen dem Flüssigen und Festen) entweder allein aus der geschmolzenen Erdmasse oder aus eindringendem Meereswasser, sich plötzlich öffnende Spalten und das plötzliche Aufsteigen tiefer entstandener, und darum heißerer und gespannterer Dämpfe in höhere Felsschichten, der Erdoberfläche näher, verursachen die Erschütterung. Als Nebenwirkung einer nicht tellurischen Ursache wird auch wohl die Attraktion des Mondes und der Sonne[3] auf die flüssige, geschmolzene Oberfläche des Erdkerns betrachtet, wodurch ein vermehrter Druck entstehen muß, entweder unmittelbar gegen ein festes aufliegendes Felsgewölbe, oder mittelbar, wo in unterirdischen Becken die feste Masse durch elastische Dämpfe von der geschmolzenen, flüssigen Masse getrennt ist.

Der Kern unseres Planeten wird als aus unoxydierten Massen, aus den Metalloiden der Alkalien und Erden bestehend gedacht. Durch Zutritt von Wasser und Luft soll die vulkanische Thätigkeit in dem Kerne erregt werden. Die Vulkane ergießen allerdings eine große Menge Wasserdampf in die Atmosphäre, aber die Annahme des Eindringens des Wassers in den vulkanischen Herd hat viele Schwierigkeit in Betrachtung des gegenseitigen Druckes[4] der äußeren Wassersäule und inneren Lava, und der Mangel oder wenigstens die große Seltenheit von brennendem Wasserstoffgas während der Eruption, welchen die Bildungen von Chlorwasserstoffsäure,[5] Ammoniak und geschwefeltem Wasserstoff wohl nicht hinlänglich ersetzen, hat den berühmten Urheber der Hypothese sie selbst freimütig[6] aufzugeben vermocht.

Nach einer dritten Ansicht, der des so viel begabten südamerikanischen Reisenden Boussingault, wird ein Mangel an Kohärenz in den trachyt- und doleritartigen Massen, welche die erhobenen Vulkane der Andeskette

bilden, als eine Hauptursache vieler und sehr weit wirkender Erderschütterungen betrachtet. Die kolossalen Kegel und domförmigen Gipfel der Kordilleren sind nach dieser Ansicht keineswegs in einem Zustande der Weichheit und halben Flüssigkeit, sondern vollkommen erhärtet, als ungeheure scharfkantige Fragmente, emporgehoben und aufgetürmt worden. Bei einem solchen Emporschieben und Auftürmen sind notwendig große Zwischenräume und Höhlungen entstanden, so daß durch ruckweise Senkung und durch das Herabstürzen zu schwach unterstützter fester Massen Erschütterungen erfolgen. [7]

Mit mehr Klarheit, als die Betrachtungen über die Natur des ersten Impulses gewähren, den man sich freilich als verschiedenartig denken kann, sind die Wirkungen des Impulses, die Erschütterungswellen, auf einfache mechanische Theorieen zurückzuführen. Dieser Teil unseres Naturwissens hat, wie wir schon oben bemerkt, in der neuesten Zeit wesentlich gewonnen. Man hat die Erdwellen in ihren Fortschritten, ihrer Verbreitung durch Gebirgsarten von verschiedener Dichtigkeit und Elastizität [8] geschildert, die Ursachen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit, ihre Abnahme durch Brechung, Reflex und Interferenz der Schwingungen mathematisch erforscht. Die scheinbar kreisenden (rotatorischen) Erschütterungen, von denen die Obelisken vor dem Kloster San Bruno in der kleinen Stadt Stephano del Bosco (Kalabrien 1783) ein so viel besprochenes Beispiel dargeboten hatten, hat man versucht auf geradlinige zu reduzieren. Luft-, Wasser- und Erdwellen folgen allerdings räumlich denselben Gesetzen, welche die Bewegungslehre anerkennt, aber die Erdwellen sind in ihrer verheerenden Wirkung von Phänomenen begleitet, die ihrer Natur nach dunkler bleiben und in die Klasse physischer Prozesse gehören. Als solche sind aufzuzählen: Ausströmungen von gespannten Dämpfen, von Gasarten, oder, wie in den kleinen bewegten Moyakegeln von Pelileo, grusartiger Gemenge von Pyroxenkristallen, Kohle und Infusionstierchen mit Kieselpanzern. Diese wandernden Kegel haben eine große Zahl von Hütten der Indianer umgestürzt. [9]

In dem allgemeinen Naturgemälde sind viele über die große Katastrophe von Riobamba (4. Februar 1797) aus dem Munde der Ueberlebenden an Ort und Stelle mit dem ernsten Bestreben nach historischer Wahrheit gesammelte That-

sachen erzählt. Einige sind den Ereignissen bei dem großen Erdbeben von Kalabrien aus dem Jahre 1783 analog, andere sind neu und durch die minenartige Kraftäußerung von unten nach oben besonders charakterisiert. Das Erdbeben selbst war von keinem unterirdischen Getöse begleitet, durch keines verkündigt. Ein ungeheures Getöse, noch jetzt durch den einfachen Namen el gran ruido bezeichnet, wurde erst 18 bis 20 Minuten später und bloß unter den beiden Städten Quito und Ibarra, fern von Tacunga, Hambato und dem Hauptschauplatz der Verheerung, vernommen. Es gibt kein anderes Ereignis in den trüben Verhängnissen des Menschengeschlechts, durch welches in wenigen Minuten, und dazu in sparsam bevölkerten Gebirgsländern, so viele Tausende auf einmal den Tod finden, als durch die Erzeugung und den Vorübergang weniger Erdwellen, von Spaltungsphänomenen begleitet!

Bei dem Erdbeben von Riobamba, über welches der berühmte valenzianische Botaniker, Don José Cavanilles, die frühesten Nachrichten mitgeteilt hat, verdienen noch folgende Erscheinungen eine besondere Aufmerksamkeit: Klüfte, die sich abwechselnd öffneten und wiederum schlossen, so daß Menschen sich dadurch retteten, daß sie beide Arme ausstreckten, um nicht zu versinken; das Verschwinden ganzer Züge von Reitern oder beladener Maultiere (recuas), deren einige durch sich plötzlich aufthuende Querklüfte verschwanden, während andere, zurückfliehend, der Gefahr entgingen; so heftige Schwankungen (ungleichzeitige Erhebung und Senkung) naher Teile des Bodens, daß Personen, welche auf einem mehr als 12 Fuß (4 m) hohen Chor in einer Kirche standen, ohne Sturz auf das Straßenpflaster gelangten; die Versenkung von massiven Häusern,[10] in denen die Bewohner innere Thüren öffnen konnten, und 2 Tage lang, ehe sie durch Ausgrabung entkamen, unversehrt von einem Zimmer in das andere gingen, sich Licht anzündeten, von zufällig entdeckten Vorräten sich nährten und über den Grad der Wahrscheinlichkeit ihrer Rettung miteinander haderten; das Verschwinden so großer Massen von Steinen und Baumaterial. Alt-Riobamba hatte Kirchen und Klöster zwischen Häusern von mehreren Stockwerken, und doch habe ich, als ich den Plan der zerstörten Stadt aufnahm, in den Ruinen nur Steinhaufen von 8 bis 10 Fuß (2,6 bis 3,25 m) Höhe gefunden. In dem südwestlichen Teil von Alt-Riobamba (in dem vormaligen Bario di Sigchuguaicu)

war deutlich eine minenartige Explosion, die Wirkung einer Kraft von unten nach oben, zu erkennen. Auf dem einige hundert Fuß hohen Hügel Cerro de la Culca, welcher sich über dem ihm nördlich liegenden Cerro de Cumbicarca erhebt, liegt Steinschutt, mit Menschengerippen vermengt. Translatorische Bewegungen in horizontaler Richtung, durch welche Baumalleen, ohne entwurzelt zu werden, sich verschieben, oder Kulturstücke sehr verschiedener Art sich gegenseitig verdrängen, haben sich in Quito wie in Kalabrien mehrfach gezeigt. Eine noch auffallendere und kompliziertere Erscheinung ist das Auffinden von Gerätschaften eines Hauses in den Ruinen anderer, weit entfernter, ein Auffinden, das zu Prozessen Anlaß gegeben hat. Ist es, wie die Landeinwohner glauben, ein Versinken, dem ein Auswurf folgt? oder, trotz der Entfernung, ein bloßes Ueberschütten? Da in der Natur unter wieder eintretenden ähnlichen Bedingungen sich alles wiederholt, so muß man durch Nichtverschweigen auch des noch unvollständig Beobachteten die Aufmerksamkeit künftiger Beobachter auf spezielle Phänomene leiten.

Es ist nach meinen Erfahrungen nicht zu vergessen, daß bei den meisten Spaltenerzeugungen, neben der Erschütterung fester Teile als Erdwelle, auch ganz andere, und zwar physische Kräfte, Gas- und Dampfemanationen, mitwirken. Wenn in der Wellenbewegung die äußerste Grenze der Elastizität der bewegten Materie (nach Verschiedenheit der Gebirgsarten oder der losen Erdschichten) überschritten wird und Trennung entsteht, so können durch die Spalten gespannte elastische Flüssigkeiten ausbrechen, welche verschiedenartige Stoffe aus dem Inneren auf die Oberfläche führen und deren Ausbruch wiederum Ursache von translatorischen Bewegungen wird. Zu diesen, die primitive Erschütterung (das Erdbeben) nur begleitenden Erscheinungen gehört das Emporheben der unbestritten wandernden Moyakegel, wahrscheinlich auch der Transport von Gegenständen auf der Oberfläche der Erde.[11] Wenn in der Bildung mächtiger Spalten sich dieselben nur in den oberen Teilen schließen, so kann die Entstehung bleibender unterirdischer Höhlungen nicht bloß Ursache zu neuen Erdbeben werden, indem nach Boussingaults Vermutung sich mit der Zeit schlecht unterstützte Massen ablösen und, Erschütterung erregend, senken, sondern man kann sich auch die Möglichkeit denken, daß die Erschütterungskreise dadurch erweitert werden, daß auf den bei den früheren Erdbeben

geöffneten Spalten in dem neuen Erdbeben elastische Flüssigkeiten da wirken, wohin sie vorher nicht gelangen konnten. Es ist also ein begleitendes Phänomen, nicht die Stärke der Erschütterungswelle, welche die festen Teile der Erde einmal durchlaufen ist, was die allmähliche, sehr wichtige und zu wenig beachtete Erweiterung des Erschütterungskreises veranlaßt.

Vulkanische Thätigkeiten, zu deren niederen Stufen das Erdbeben gehört, umfassen fast immer gleichzeitig Phänomene der Bewegung und physischer stoffartiger Produktion. Wir haben schon mehrfach im Naturgemälde erinnert, wie aus Spalten, fern von allen Vulkanen, emporsteigen: Wasser und heiße Dämpfe, kohlensaures Gas und andere Mofetten, schwarzer Rauch (wie viele Tage lang im Felsen von Alvidras beim Erdbeben von Lissabon vom 1. November 1755), Feuerflammen, Sand, Schlamm und mit Kohle gemengte Moya. Der scharfsinnige Geognost Abich hat den Zusammenhang nachgewiesen, der im persischen Ghilan zwischen den Thermalquellen von Sarcin (5051 Fuß = 1641 m), auf dem Wege von Ardebil nach Täbriz und den Erdbeben stattfindet, welche das Hochland oft von zwei zu zwei Jahren heimsuchen. Im Oktober 1848 nötigte eine undulatorische Bewegung des Bodens, welche eine ganze Stunde dauerte, die Einwohner von Ardebil, die Stadt zu verlassen, und sogleich stieg die Temperatur der Quellen, die zwischen 44 und 46° Cent. fällt, einen ganzen Monat lang bis zum schmerzlichsten Verbrühen.[12] Nirgends vielleicht auf der Erde ist, nach Abichs Ausspruch, der „innige Zusammenhang spaltenerregender Erdbeben mit den Phänomenen der Schlammvulkane, der Salsen, der den durchlöcherten Boden durchdringenden brennbaren Gase, der Petroleumquellen bestimmter angedeutet und klarer zu erkennen, als in dem südöstlichen Ende des Kaukasus zwischen Schemacha, Baku und Sallian. Es ist der Teil der großen aralo-kaspischen Depression, in welchem der Boden am häufigsten erschüttert wird.“[13] Mir selbst ist es im nördlichen Asien auffallend gewesen, daß der Erschütterungskreis, dessen Mittelpunkt die Gegend des Baikalsees zu sein scheint, sich westlich nur bis zur östlichsten Grenze des russischen Altai, bis zu den Silbergruben von Riddersk, dem trachytartigen Gestein der Kruglaja Sopka und den heißen Quellen von Rachmanowka und Arachan, nicht aber bis zur Uralkette erstreckt. Weiter nach Süden hin, jenseits des Parallelkreises von 45°, erscheint in der

Kette des Tian-schan (Himmelsgebirges) eine von Osten nach Westen gerichtete Zone von vulkanischer Thätigkeit jeglicher Art der Manifestation. Sie erstreckt sich nicht bloß vom Feuerdistrikt (Ho-tscheu) in Turfan durch die kleine Asferahkette bis Baku und von da über den Ararat bis nach Kleinasien, sondern zwischen den Breiten von 38° und 40° oszillierend, glaubt man sie durch das vulkanische Becken des Mittelmeeres bis nach Lissabon und den Azoren verfolgen zu können. Ich habe an einem anderen Orte [14] diesen wichtigen Gegenstand der vulkanischen Geographie ausführlich behandelt. Ebenso scheint in Griechenland, das mehr als irgend ein anderer Teil von Europa durch Erdbeben gelitten hat (Curtius, Peloponnesos Bd. I, S. 42 bis 46), eine Unzahl von Thermalquellen, noch fließende oder schon verschwundene, unter Erdstößen ausgebrochen zu sein. Ein solcher thermischer Zusammenhang ist in dem merkwürdigen Buche des Johannes Lydus über die Erdbeben (De Ostentis cap. LIV, p. 189 Hase) schon angedeutet. Die große Naturbegebenheit des Unterganges von Helice und Bura in Achaja (373 v. Chr., Kosmos Bd. III, S. 416) gab besonders Veranlassung zu Hypothesen über den Kausalzusammenhang vulkanischer Thätigkeit. Es entstand bei Aristoteles die sonderbare Theorie von der Gewalt der in den Schluchten der Erdtiefe sich einfangenden Winde (Meteor. II, p. 368). Die unglückliche Frequenz der Erderschütterungen in Hellas und in Unteritalien hat durch den Anteil, den sie an der früheren Zerstörung der Monumente aus der Blütezeit der Künste gehabt, den verderblichsten Einfluß auf alle Studien ausgeübt, welche auf die Entwickelung griechischer und römischer Kultur nach verschiedenen Zeitepochen gerichtet sind. Auch ägyptische Monumente, z. B. der eine Memnonskoloß (27 Jahre vor unserer Zeitrechnung), haben von Erdstößen gelitten, die, wie Letronne erwiesen, im Nilthale gar nicht so selten gewesen sind, als man geglaubt (Les Statues vocales de Memnon 1833, p. 23 bis 27 und 255).

Nach den hier angeführten physischen Veränderungen, welche die Erdbeben durch Erzeugung von Spalten veranlassen, ist es um so auffallender, wie so viele warme Heilquellen jahrhundertelang ihren Stoffgehalt und ihre Temperatur unverändert erhalten und also aus Spalten hervorquellen müssen, die weder der Tiefe nach, noch gegen die Seiten hin Veränderungen erlitten zu haben scheinen. Eingetretene Kom-

munikationen mit höheren Erdschichten würden Verminderung, mit tieferen Vermehrung der Wärme hervorgebracht haben.

Als der Vulkan von Conseguina (im Staate Nicaragua) am 23. Januar 1835 seinen großen Ausbruch machte, wurde das unterirdische Getöse (los ruidos subterraneos) zugleich gehört auf der Insel Jamaika und auf dem Hochlande von Bogota, 8200 Fuß (2663 m) über dem Meere, entfernter als von Algier nach London. Auch habe ich schon an einem anderen Orte bemerkt, daß bei den Ausbrüchen des Vulkans auf der Insel St. Vincent am 30. April 1812, um 2 Uhr morgens, das dem Kanonendonner gleiche Getöse ohne alle fühlbare Erderschütterung auf einem Raume von 10000 geogr. Quadratmeilen (550000 qkm) gehört wurde.[15] Sehr merkwürdig ist es, daß, wenn Erdbeben mit Getöse verbunden sind, was keineswegs immer der Fall ist, die Stärke des letzteren gar nicht mit der des ersteren wächst. Das seltenste und rätselhafteste Phänomen unterirdischer Schallbildung bleibt immer das der bramidos de Guanaxuato vom 9. Januar bis zur Mitte des Februar 1784, über das ich die ersten sicheren Nachrichten aus dem Munde noch lebender Zeugen und aus archivarischen Urkunden habe sammeln können. (Kosmos Bd. I, S. 148 und 307.)

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Erdbebens auf der Oberfläche der Erde muß ihrer Natur nach durch die so verschiedenen Dichtigkeiten der festen Gebirgsschichten (Granit und Gneis, Basalt und Trachytporphyr, Jurakalk und Gips) wie des Schuttlandes, welche die Erschütterungswelle durchläuft, mannigfach modifiziert werden. Es wäre aber doch wünschenswert, daß man endlich einmal mit Sicherheit die äußersten Grenzen kennen lernte, zwischen denen die Geschwindigkeiten schwanken. Es ist wahrscheinlich, daß den heftigeren Erschütterungen keineswegs immer die größte Geschwindigkeit zukommt. Die Messungen beziehen sich ohnedies nicht immer auf dieselben Wege, welche die Erschütterungswellen genommen haben. An genauen mathematischen Bestimmungen fehlt es sehr, und nur ganz neuerlich ist über das rheinische Erdbeben vom 29. Juli 1846 mit großer Genauigkeit und Umsicht ein Resultat von Julius Schmidt, Gehilfen an der Sternwarte zu Bonn, erlangt worden. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit war in dem eben genannten Erdbeben 3,739 geogr. Meilen (27,745 km) in der Minute, d. i. 1376 Pariser Fuß (447 m) in der Sekunde. Diese Schnelligkeit übertrifft allerdings die

der Schallwelle in der Luft; wenn dagegen die Fortpflanzung des Schalles im Wasser nach Colladon und Sturm 4706 Fuß (1529 m), in gegossenen eisernen Röhren nach Biot 10 690 Fuß (3472 m) beträgt, so erscheint das für das Erdbeben gefundene Resultat sehr schwach. Für das Erdbeben von Lissabon am 1. November 1755 fand Schmidt (nach weniger genauen Angaben) zwischen den portugiesischen und holsteinischen Küsten eine mehr denn fünfmal größere Geschwindigkeit als am Rhein den 29. Juli 1846. Es ergaben sich nämlich für Lissabon und Glückstadt (Entfernung 295 geogr. Meilen = 2190 km) 19,6 Meilen (149 km) in der Minute oder 7464 Pariser Fuß (2424 m) in 1 Sekunde, immer noch 3226 Fuß (1048 m) weniger Geschwindigkeit als im Gußeisen.[16]

Erderschütterungen und plötzliche Feuerausbrüche lang ruhender Vulkane, sei es, daß diese bloß Schlacken oder, intermittierenden Wasserquellen gleich, flüssige geschmolzene Erde in Lavaströmen ergießen, haben allerdings einen gemeinschaftlichen alleinigen Kausalzusammenhang in der hohen Temperatur des Inneren unseres Planeten, aber eine dieser Erscheinungen zeigt sich meist ganz unabhängig von der anderen. Heftige Erdbeben erschüttern z. B. in der Andeskette in ihrer Linearverbreitung Gegenden, in denen sich nicht erloschene, ja noch oftmals thätige Vulkane erheben, ohne daß diese letzteren dadurch auf irgend eine bemerkbare Weise angeregt werden. Bei der großen Katastrophe von Riobamba haben sich der nahe Vulkan Tunguragua und der etwas fernere Vulkan Cotopaxi ganz ruhig verhalten. Umgekehrt haben Vulkane mächtige, langdauernde Ausbrüche dargeboten, ohne daß weder vorher noch gleichzeitig in der Umgegend Erdbeben gefühlt wurden. Es sind gerade die verheerendsten Erderschütterungen, von denen die Geschichte Kunde gibt und die viele tausend Quadratmeilen durchlaufen haben, welche, nach dem an der Oberfläche Bemerkbaren zu urteilen, in keinem Zusammenhange mit der Thätigkeit von Vulkanen stehen. Diese hat man neuerdings plutonische Erdbeben im Gegensatz der eigentlichen vulkanischen genannt, die meist auf kleinere Lokalitäten eingeschränkt sind. In Hinsicht auf allgemeinere Ansichten über Vulkanizität ist diese Nomenklatur nicht zu billigen. Die bei weitem größere Zahl der Erdbeben auf unserem Planeten müßten plutonische heißen.

Was Erdstöße erregen kann, ist überall unter unseren Füßen, und die Betrachtung, daß fast ³/₄ der Erdoberfläche,

von dem Meere bedeckt (einige sporadische Inseln abgerechnet), ohne alle bleibende Kommunikation des Inneren mit der Atmosphäre, d. h. ohne thätige Vulkane sind, widerspricht dem irrigen, aber verbreiteten Glauben, daß alle Erdbeben der Eruption eines fernen Vulkanes zuzuschreiben seien. Erschütterungen der Kontinente pflanzen sich allerdings auf dem Meeresboden von den Küsten aus fort und erregen die furchtbaren Meereswellen, von welchen die Erdbeben von Lissabon, Callao de Lima und Chile so denkwürdige Beispiele gegeben haben. Wenn dagegen die Erdbeben von dem Meeresboden selbst ausgehen, aus dem Reiche des Erderschütterers Poseidon (σεισίχθων, κινησίχθων), und nicht von einer inselerzeugenden Hebung (wie bei der ephemeren Existenz der Insel Sabrina oder Julia) begleitet sind, so kann an Punkten, wo der Seefahrer keine Stöße fühlen würde, doch ein ungewöhnliches Rollen und Anschwellen der Wogen bemerkt werden. Auf ein solches Phänomen haben mich die Bewohner des öden peruanischen Küstenlandes oftmals aufmerksam gemacht. Ich sah selbst in dem Hafen von Callao und bei der gegenüber liegenden Insel San Lorenzo in ganz windstillen Nächten, in diesem sonst so überaus friedlichen Teile der Südsee, sich plötzlich auf wenige Stunden Welle auf Welle zu mehr als 10 bis 14 Fuß (3 bis 4,5 m) Höhe türmen. Daß ein solches Phänomen Folge eines Sturmes gewesen sei, welcher in großer Ferne auf offenem Meere gewütet hätte, war in diesen Breiten keineswegs anzunehmen.

Um von denjenigen Erschütterungen zu beginnen, welche auf den kleinsten Raum eingeschränkt sind und offenbar der Thätigkeit eines Vulkans ihren Ursprung verdanken, so erinnere ich hier zuerst daran, wie, nächtlich im Krater des Vesuvs am Fuße eines kleinen Auswurfkegels sitzend, den Chronometer in der Hand (es war nach dem großen Erdbeben von Neapel am 26. Juli 1805 und nach dem Lavaausbruch, der 17 Tage darauf erfolgte), ich sehr regelmäßig alle 20 oder 25 Sekunden unmittelbar vor jedem Auswurf glühender Schlacken eine Erschütterung des Kraterbodens fühlte. Die Schlacken, 50 bis 60 Fuß (16 bis 20 m) emporgeschleudert, fielen teils in die Eruptionsöffnung zurück, teils bedeckten sie die Seitenwände des Kegels. Die Regelmäßigkeit eines solchen Phänomens macht die Beobachtung gefahrlos. Das sich wiederholende kleine Erdbeben war keineswegs bemerkbar außerhalb des Kraters, nicht im Atrio del Cavallo, nicht in der Einsiedelei

del Salvatore. Die Periodizität der Erschütterung bezeugt, daß sie abhängig war von einem bestimmten Spannungsgrade, welchen die Dämpfe erreichen müssen, um in dem Inneren des Schlackenkegels die geschmolzene Masse zu durchbrechen. Ebenso, als man in dem eben beschriebenen Falle keine Erschütterungen am Abfall des Aschenkegels des Vesuvs fühlte, wurde auch bei einem ganz analogen, aber viel großartigeren Phänomen, am Aschenkegel des Vulkans Sangai, der südöstlich von der Stadt Quito sich bis zu 15984 Fuß (5182 m) erhebt, von einem sehr ausgezeichneten Beobachter, Herrn Wisse, als er sich (im Dezember 1849) dem Gipfel und Krater bis auf 1000 Fuß (320 m) näherte, kein Erzittern des Bodens[17] bemerkt; dennoch waren in der Stunde bis 267 Explosionen (Schlackenauswürfe) gezählt worden.

Eine zweite, unendlich wichtigere Gattung von Erdbeben ist die sehr häufige, welche große Ausbrüche von Vulkanen zu begleiten oder ihnen voranzugehen pflegt, sei es, daß die Vulkane, wie unsere europäischen, Lavaströme ergießen oder, wie Cotopaxi, Pichincha und Tunguragua der Andeskette nur verschlackte Massen, Asche und Dämpfe ausstoßen. Für diese Gattung sind vorzugsweise die Vulkane als Sicherheitsventile zu betrachten, schon nach dem Ausspruche Strabos über die Lava ergießende Spalte bei Lelante auf Euböa. Die Erdbeben hören auf, wenn der große Ausbruch erfolgt ist.

Am weitesten[18] verbreitet sind aber die Verheerungen von Erschütterungswellen, welche teils ganz untrachytische, unvulkanische Länder, teils trachytische, vulkanische, wie die Kordilleren von Südamerika und Mexiko, durchziehen, ohne irgend einen Einfluß auf die nahen Vulkane auszuüben. Das ist eine dritte Gruppe von Erscheinungen, und die, welche am überzeugendsten an die Existenz einer allgemeinen Ursache, welche in der thermischen Beschaffenheit des Inneren unseres Planeten liegt, erinnert. Zu dieser dritten Gruppe gehört auch der doch seltene Fall, daß in unvulkanischen und durch Erdbeben wenig erschreckten Ländern auf dem eingeschränktesten Raume der Boden monatelang ununterbrochen zittert, so daß man eine Hebung, die Bildung eines thätigen Vulkans, zu besorgen anfängt. So war dies in den piemontesischen Thälern von Pelis und Clusson, wie bei Pignerol im April und Mai 1808, so im Frühjahr 1829 in Murcia, zwischen Orihuela und der Meeresküste, auf einem Raume von kaum einer Quadratmeile. Als im Inneren von Mexiko, am

westlichen Abfall des Hochlandes von Michoacan, die kultivierte Fläche von Jorullo 90 Tage lang ununterbrochen erbebte, stieg der Vulkan mit vielen Tausenden ihn umgebender, 5 bis 7 Fuß hoher Kegel (los hornitos) empor und ergoß einen kurzen, aber mächtigen Lavastrom. In Piemont und in Spanien dagegen hörten die Erderschütterungen allmählich auf, ohne daß irgend eine Naturbegebenheit erfolgte.

Ich hielt es für nützlich, die ganz verschiedenen Arten der Manifestation derselben vulkanischen Thätigkeit (der Reaktion des Inneren der Erde gegen die Oberfläche) aufzuzählen, um den Beobachter zu leiten und ein Material zu schaffen, das zu fruchtbaren Resultaten über den Kausalzusammenhang der Erscheinungen führen kann. Bisweilen umfaßt die vulkanische Thätigkeit auf einmal oder in nahen Perioden einen so großen Teil des Erdkörpers, daß die erregten Erschütterungen des Bodens dann mehreren, miteinander verwandten Ursachen gleichzeitig zugeschrieben werden können. Die Jahre 1796 und 1811 bieten besonders denkwürdige Beispiele [19] von solcher Gruppierung der Erscheinungen dar.

b. Thermalquellen.

(Erweiterung des Naturgemäldes: Kosmos Bd. I, S. 155—159.)

Als eine Folge der Lebensthätigkeit des Inneren unseres Erdkörpers, die in unregelmäßig wiederholten, oft furchtbar zerstörenden Erscheinungen sich offenbart, haben wir das Erdbeben geschildert. Es waltet in demselben eine vulkanische Macht, freilich ihrem inneren Wesen nach nur bewegend, erschütternd, dynamisch wirkend; wenn sie aber zugleich an einzelnen Punkten durch Erfüllung von Nebenbedingungen begünstigt wird, ist sie fähig, einiges Stoffartige, zwar nicht, gleich den eigentlichen Vulkanen, zu produzieren, aber an die Oberfläche zu leiten. Wie bei dem Erdbeben bisweilen auf kurze Dauer durch plötzlich eröffnete Spalten Wasser, Dämpfe, Erdöl, Gemische von Gasarten oder breiartige Massen (Schlamm und Moya) ausgestoßen werden, so entquellen durch das allverbreitete Gewebe von kommunizierenden Spalten tropfbare und luftartige Flüssigkeiten permanent dem Schoße der Erde. Den kurzen und ungestümen Auswurfsphänomenen stellen wir hier zur Seite das große, friedliche Quellensystem der Erdrinde, wohlthätig das

organische Leben anregend und enthaltend. Es gibt jahrtausendelang dem Organismus zurück, was dem Luftkreise durch den niederfallenden Regen an Feuchtigkeit entzogen worden ist. Analoge Erscheinungen erläutern sich gegenseitig in dem ewigen Haushalte der Natur, und wo nach Verallgemeinerung der Begriffe gestrebt wird, darf die enge Verkettung des als verwandt Erkannten nicht unbeachtet bleiben.

Die im Sprachgebrauch so natürlich scheinende, weit verbreitete Einteilung der Quellen in kalte und warme hat, wenn man sie auf numerische Temperaturangaben reduzieren will, nur sehr unbestimmte Fundamente. Soll man die Wärme der Quellen vergleichen mit der inneren Wärme des Menschen (zu 36,7° bis 37° nach Brechet und Becquerel, mit thermoelektrischen Apparaten gefunden), so ist der Thermometergrad, bei dem eine Flüssigkeit kalt, warm oder heiß in Berührung mit Teilen des menschlichen Körpers genannt wird, nach individuellem Gefühle sehr verschieden. Es kann nicht ein absoluter Temperaturgrad festgesetzt werden, über den hinaus eine Quelle warm genannt werden soll. Der Vorschlag, in jeder klimatischen Zone eine Quelle kalt zu nennen, wenn ihre mittlere Jahrestemperatur die mittlere Jahrestemperatur der Luft in derselben Zone nicht übersteigt, bietet wenigstens eine wissenschaftliche Genauigkeit, die Vergleichung bestimmter Zahlen, dar. Sie gewährt den Vorteil, auf Betrachtungen über den verschiedenen Ursprung der Quellen zu leiten, da die ergründete Uebereinstimmung ihrer Temperatur mit der Jahrestemperatur der Luft in unveränderlichen Quellen unmittelbar, in veränderlichen, wie Wahlenberg und Erman der Vater gezeigt haben, in den Mitteln der Sommer- und der Wintermonate erkannt wird. Aber nach dem hier bezeichneten Kriterium müßte in einer Zone eine Quelle warm genannt werden, die kaum den siebenten oder achten Teil der Temperatur erreicht, welche in einer anderen, dem Aequator nahen Zone eine kalte genannt wird. Ich erinnere an die Abstände der mittleren Temperaturen von Petersburg (3,4°) und der Ufer des Orinoko. Die reinsten Quellwasser, welche ich in der Gegend der Katarakten von Atures und Maypures (27,3°) oder in der Waldung des Atabapo getrunken, hatten eine Temperatur von mehr als 26°, ja die Temperatur der großen Flüsse im tropischen Südamerika entspricht den hohen Wärmegraden solcher kalten[20] Quellen!

Das durch mannigfaltige Ursachen des Druckes und durch

den Zusammenhang wasserhaltiger Spalten bewirkte Ausbrechen von Quellen ist ein so allgemeines Phänomen der Erdoberfläche, daß Wasser an einigen Punkten den am höchsten gehobenen Gebirgsschichten, in anderen dem Meeresboden entströmen. In dem ersten Viertel dieses Jahrhunderts wurden durch Leopold von Buch, Wahlenberg und mich zahlreiche Resultate über die Temperatur der Quellen und die Verteilung der Wärme im Inneren der Erde in beiden Hemisphären, und zwar vom 12. Grade südlicher bis zum 71. Grade nördlicher Breite gesammelt. Es wurden die Quellen, welche eine unveränderliche Temperatur haben, sorgfältig von den mit den Jahreszeiten veränderlichen geschieden, und Leopold von Buch erkannte den mächtigen Einfluß der Regenverteilung im Laufe des Jahres, d. i. den Einfluß des Verhältnisses zwischen der relativen Häufigkeit der Winter- und Sommerregen auf die Temperatur der veränderlichen Quellen, welche, der Zahl nach, die allverbreitetsten sind. Sehr scharfsinnige Zusammenstellungen von de Gasparin, Schouw und Thurmann haben in neuerer Zeit[21] diesen Einfluß in geographischer und hypsometrischer Hinsicht, nach Breite und Höhe, in ein helleres Licht gesetzt. Wahlenberg behauptete, daß in sehr hohen Breiten die mittlere Temperatur der veränderlichen Quellen etwas höher als die mittlere Temperatur der Atmosphäre sei; er suchte die Ursache davon nicht in der Trockenheit einer sehr kalten Luft und in dem dadurch bewirkten minder häufigen Winterregen, sondern in der schützenden, die Wärmestrahlung des Bodens vermindernden Schneedecke. In denjenigen Teilen des nordasiatischen Flachlandes, in welchen eine ewige Eisschicht oder wenigstens ein mit Eisstücken gemengtes gefrorenes Schuttland schon in einer Tiefe von wenigen Fußen gefunden wird, kann die Quellentemperatur nur mit großer Vorsicht zu der Erörterung von Kupffers wichtiger Theorie der Isogeothermen benutzt werden. Dort entsteht in der oberen Erdschicht eine zweifache Wärmestrahlung, eine nach oben gegen den Luftkreis und eine andere nach unten gegen die Eisschicht hin. Eine lange Reihe schätzbarer Beobachtungen, welche mein Freund und Begleiter, Gustav Rose, auf der sibirischen Expedition in heißem Sommer (oft in noch mit Eis umgebenen Brunnen) zwischen dem Irtysch, Ob und dem Kaspischen Meere angestellt hat, offenbarten eine große Komplikation lokaler Störungen. Diejenigen, welche sich aus ganz anderen Ursachen in der Tropen-

zone da zeigen, wo Gebirgsquellen auf mächtigen Hochebenen 8 bis 10 000 Fuß (2600 bis 3240 m) über dem Meere (Micuipampa, Quito, Bogota) oder in schmalen, isolierten Berggipfeln noch viele tausend Fuß höher hervorbrechen, umfassen nicht bloß einen weit größeren Teil der Erdoberfläche, sondern leiten auch auf die Betrachtung analoger thermischer Verhältnisse in den Gebirgsländern der gemäßigten Zone.

Vor allem ist es bei diesem wichtigen Gegenstande notwendig, den Cyklus wirklicher Beobachtungen von den theoretischen Schlüssen zu trennen, welche man darauf gegründet. Was wir suchen, ist, in seiner größten Allgemeinheit ausgesprochen, dreierlei: die Verteilung der Wärme in der uns zugänglichen Erdrinde, in der Wasserbedeckung (dem Ozean) und der Atmosphäre. In den beiden Umhüllungen des Erdkörpers, der tropfbaren und gasförmigen, herrscht entgegengesetzte Veränderung der Temperatur (Abnahme und Zunahme derselben in den aufeinander gelagerten Schichten) in der Richtung der Vertikale. In den festen Teilen des Erdkörpers wächst die Temperatur mit der Tiefe, die Veränderung ist in demselben Sinne, wenngleich in sehr verschiedenem Verhältnis, wie im *Luftmeere*, dessen *Untiefen* und *Klippen* die Hochebenen und vielgestalteten Berggipfel bilden. Durch direkte Versuche kennen wir am genauesten die Verteilung der Wärme im Luftkreise, geographisch nach Ortsbestimmung in Breite und Länge wie nach hypsometrischen Verhältnissen nach Maßgabe der vertikalen Höhe über der Meeresfläche, beides doch fast nur in nahem Kontakt mit dem festen und tropfbar flüssigen Teile der Oberfläche unseres Planeten. Wissenschaftliche und systematisch angeordnete Untersuchungen durch aerostatische Reisen im freien Luftmeere, außerhalb der zu nahen Einwirkung der Erde, sind bisher noch zu selten und daher wenig geeignet gewesen, die so notwendigen numerischen Angaben *mittlerer Zustände* darzubieten. Für die Abnahme der Wärme in den Tiefen des Ozeans fehlt es nicht an Beobachtungen, aber Strömungen, welche Wasser verschiedener Breiten, Tiefen und Dichtigkeiten herbeiführen, erschweren fast noch mehr als Strömungen in der Atmosphäre die Erlangung allgemeiner Resultate. Wir haben die thermischen Zustände der beiden Umhüllungen unseres Planeten, welche weiter unten einzeln behandelt werden, hier nur vorläufig deshalb berührt, um den Einfluß der vertikalen Wärmeverteilung in der festen Erdrinde, das System der *Geo-Isother-*

men, nicht allzu isoliert, sondern als einen Teil der alles durchdringenden Wärmebewegung, einer echt kosmischen Thätigkeit, zu betrachten.

So vielfach belehrend auch die Beobachtungen über die ungleiche Temperaturabnahme der nicht mit den Jahreszeiten veränderlichen Quellen bei zunehmender Höhe des Punktes ihres Ausbruches ist, so kann das lokale Gesetz solcher abnehmenden Temperatur der Quellen doch nicht, wie oft geschieht, unbedingt als ein allgemeines geothermisches Gesetz betrachtet werden. Wenn man gewiß wäre, daß Wasser auf einer horizontalen Schicht in großer Erstreckung ungemischt fortliefen, so würde man allerdings glauben können, daß sie allmählich die Temperatur des Festen angenommen haben; aber in dem großen Spaltengewebe der gehobenen Massen kann dieser Fall nur selten vorkommen. Kältere, höhere Wasser vermischen sich mit den unteren. Unser Bergbau, so geringe Räume er auch der Tiefe nach umfaßt, ist sehr belehrend in dieser Hinsicht, aber unmittelbar würde man nur dann zur Kenntnis der Geo-Isothermen gelangen, wenn nach Boussingaults Methode unterhalb der Tiefe, in welcher sich noch die Einflüsse der Temperaturveränderungen des nahen Luftkreises äußern, Thermometer in sehr verschiedenen Höhen über dem Meere eingegraben würden. Vom 45. Grade der Breite bis zu den dem Aequator nahen Teilen der Tropengegend nimmt die Tiefe, in der die invariable Erdschicht beginnt, von 60 bis 1½ oder 2 Fuß (20 m bis 48 oder 64 cm) ab. Das Eingraben der Geothermometer in geringen Tiefen, um zur Kenntnis der mittleren Erdtemperatur zu gelangen, ist demnach nur zwischen den Wendekreisen oder in der subtropischen Zone leicht ausführbar. Das vortreffliche Hilfsmittel der artesischen Brunnen, die eine Wärmezunahme von 1° des hundertteiligen Thermometers für jede 91 bis 99 Fuß (29,5 bis 32,1 m) in absoluten Tiefen von 700 bis 2200 Fuß (227 bis 714 m) angezeigt haben, ist bisher dem Physiker nur in Gegenden von nicht viel mehr als 1500 Fuß (487 m) Höhe über dem Meeresspiegel dargeboten worden. Grubenbaue der Menschen auf Silbererz habe ich in der Andeskette 6° 45′ südlich vom Aequator in fast 12400 Fuß (4028 m) Höhe besucht, und die Temperatur der dort aus den Gesteinklüften des Kalksteines andringenden Bergwasser zu 11,3° gefunden. Die Wasser, welche in den Bädern des Inka Tupak Yupanqui gewärmt wurden, auf dem Rücken der Andes (Paso del

Assuay), kommen wahrscheinlich aus Quellen der Ladera de Cadlud, wo ich den Weg, neben welchem auch die alte peruanische Kunststraße fortlief, barometrisch zu 14568 Fuß (4732 m) Höhe (fast zu der des Montblanc) gefunden habe. Das sind die höchsten Punkte, an denen ich in Südamerika Quellwasser beobachten konnte. In Europa haben in den östlichen Alpen die Gebrüder Schlagintweit auf 8860 Fuß (2878 m) Höhe Stollenwasser in der Goldzeche und kleine Quellen nahe bei dem Stollenmundloche von nur 0,8° Wärme gemessen [22] fern von allem Schnee und allem Gletschereise. Die letzten Höhengrenzen der Quellen sind sehr verschieden nach Maßgabe der geographischen Breiten, der Höhe der Schneelinie und des Verhältnisses der höchsten Gipfel zu den Gebirgskämmen und Hochebenen.

Nähme der Halbmesser des Planeten um die Höhe des Himalaya im Kintschindschinga, also gleichmäßig in der ganzen Oberfläche, um 26436 Fuß (1,16 geogr. Meilen = 8,5 km) zu, so würde bei dieser geringen Vermehrung von nur $^1/_{800}$ des Erdhalbmessers (nach Fouriers analytischer Theorie) die Wärme in der durch Strahlung erkalteten Oberfläche, in der oberen Erdrinde fast ganz die sein, welche sie jetzt ist. Erheben sich aber einzelne Teile der Oberfläche in Bergketten und schmalen Gipfeln wie Klippen auf dem Boden des Luftmeeres, so entsteht in dem Inneren der gehobenen Erdschichten von unten nach oben eine Wärmeabnahme, die modifiziert wird durch den Kontakt mit Luftschichten verschiedener Temperatur, durch die Wärmekapazität und das Wärmeleitungsvermögen heterogener Gebirgsarten, durch die Insolation (Besonnung) der mit Wald bedeckten Gipfel und Gehänge, durch die größere und geringere Wärmestrahlung der Berge nach Maßgabe ihrer Gestaltung (Reliefform), ihrer Mächtigkeit (in großen Massen) oder ihrer konischen und pyramidalen Schmalheit. Die spezielle Höhe der Wolkenregion, die Schnee- und Eisdecken bei verschiedener Höhe der Schneegrenze, die Frequenz der nach den Tageszeiten längs den steilen Abhängen herabkommenden erkaltenden Luftströmungen verändern den Effekt der Erdstrahlung. Je nachdem sich die gleich Zapfen emporstrebenden Gipfel erkälten, entsteht im Inneren eine nach Gleichgewicht strebende, aber dasselbe nie erreichende schwache Wärmeströmung von unten nach oben. Die Erkennung so vieler auf die vertikale Wärmeverteilung wirkender Faktoren leitet zu wohlbegründeten Vermutungen über den

Zusammenhang verwickelter lokaler Erscheinungen, aber sie leitet nicht zu unmittelbaren numerischen Bestimmungen. Bei den Gebirgsquellen (und die höheren, für die Gemsjäger wichtig, werden sorgsam aufgesucht) bleibt so oft der Zweifel, daß sie mit Wassern gemischt sind, welche niedersinkend die kältere Temperatur oberer, oder gehoben, aufsteigend, die wärmere Temperatur tieferer Schichten hinzuführen. Aus 19 Quellen, die Wahlenberg beobachtete, zieht Kämtz den Schluß, daß man sich in den Alpen 900 bis 960 Fuß (292 bis 312 m) erheben müsse, um die Quellentemperatur um 1° sinken zu sehen. Eine größere Zahl mit mehr Vorsicht ausgewählter Beobachtungen von Hermann und Adolf Schlagintweit in den östlichen Kärntner und westlichen Schweizer Alpen am Monte Rosa geben nur 720 Fuß (234 m). Nach der großen Arbeit dieser vortrefflichen Beobachter ist „die Abnahme der Quellentemperatur jedenfalls etwas langsamer als jene der mittleren Jahrestemperatur der Luft, welche in den Alpen 540 Fuß für 1° beträgt. Die Quellen sind dort im allgemeinen in gleichem Niveau wärmer als die mittlere Lufttemperatur, und der Unterschied zwischen Luft- und Quellenwärme wächst mit der Höhe. Die Temperatur des Bodens ist bei gleicher Höhe nicht dieselbe in dem ganzen Alpenzuge, da die isothermen Flächen, welche die Punkte gleicher mittlerer Quellenwärme verbinden, sich um so mehr über das Niveau des Meeres erheben, abgesehen von dem Einfluß der geographischen Breite, je bedeutender die mittlere Anschwellung des umgebenden Bodens ist, alles nach den Gesetzen der Verteilung der Wärme in einem festen Körper von wechselnder Dicke, mit welchem man das Relief (die Massenerhebung) der Alpen vergleichen kann."

In der Andeskette, und gerade in dem vulkanischen Teile derselben, welcher die größten Erhebungen darbietet, kann in einzelnen Fällen das Eingraben von Thermometern durch den Einfluß lokaler Verhältnisse zu täuschenden Resultaten führen. Nach der früher von mir gefaßten Meinung, daß weitgesehene schwarze Felsgrate, welche die Schneeregion durchsetzen, nicht immer bloß der Konfiguration und Steilheit ihrer Seitenwände, sondern anderen Ursachen ihren gänzlichen Mangel von Schnee verdanken, grub ich am Chimborazo in einer Höhe von 17 160 Fuß (5574 m), also 3350 Fuß (1088 m) über der Gipfelhöhe des Montblanc, eine Thermometerkugel nur 3 Zoll (8 cm) in den Sand, der die Luft in

einem Grate füllte. Das Thermometer zeigte anhaltend 5,8°, während die Luft nur 2,7° über dem Gefrierpunkte war. Das Resultat dieser Beobachtung hat einige Wichtigkeit, denn bereits 2400 Fuß (780 m) tiefer, an der unteren Grenze des ewigen Schnees der Vulkane von Quito, ist nach vielen von Boussingault und mir gesammelten Beobachtungen die mittlere Wärme der Atmosphäre nicht höher als 1,6°. Die Erdtemperatur von 5,8° muß daher der unterirdischen Wärme des Doleritgebirges, ich sage nicht der ganzen Masse, sondern den in derselben aus der Tiefe aufsteigenden Luftströmen zugeschrieben werden. Am Fuße des Chimborazo, in 8900 Fuß (2890 m) Höhe, gegen das Dörfchen Calpi hin, liegt ohnedies in kleiner Ausbruchkrater, Yana-Urcu, der, wie auch sein schwarzes, schlackenartiges Gestein (Augitporphyr) bezeugt, in der Mitte des 15. Jahrhunderts scheint thätig gewesen zu sein.

Die Dürre der Ebene, aus welcher der Chimborazo aufsteigt, und der unterirdische Bach, den man unter dem eben genannten vulkanischen Hügel Yana-Urcu rauschen hört, haben zu sehr verschiedenen Zeiten Boussingault und mich zu der Betrachtung geführt, daß die Wasser, welche die ungeheuren an ihrer unteren Grenze schmelzenden Schneemassen täglich erzeugen, auf den Klüften und Weitungen der gehobenen Vulkane in die Tiefe versinken. Diese Wasser bringen perpetuierlich eine Erkaltung in den Schichten hervor, durch die sie herabstürzen. Ohne sie würden die ganzen Dolerit- und Trachytberge auch in Zeiten, die keinen nahen Ausbruch verkünden, in ihrem Inneren eine noch höhere Temperatur aus dem ewig wirkenden, vielleicht aber nicht unter allen Breitengraden in gleicher Tiefe liegenden vulkanischen Urquell annehmen. So ist im Wechselkampfe der Erwärmungs- und Erkältungsursachen ein stetes Fluten der Wärme auf- und abwärts, vorzugsweise da anzunehmen, wo zapfenartig feste Teile in den Luftkreis aufsteigen.

Gebirge und hohe Gipfel sind aber dem Areal nach, das sie umfassen, ein sehr kleines Phänomen in der Reliefgestaltung der Kontinente, und dazu sind fast 2/3 der ganzen Erdoberfläche (nach dem jetzigen Zustande geographischer Entdeckungen in den Polargegenden beider Hemisphären kann man das Verhältnis von Meer und Land wohl wie 8 : 3 annehmen) Meeresgrund. Dieser ist unmittelbar mit Wasserschichten in Kontakt, die, schwach gesalzen und nach dem Maximum ihrer Dichtigkeiten (bei 3,94°) sich lagernd, eine eisige

Kälte haben. Genaue Beobachtungen von Lenz und du Petit Thouars haben gezeigt, daß mitten in den Tropen, wo die Oberfläche des Ozeans 26 bis 27° Wärme hat, aus 7 bis 800 Faden (1360 bis 1560 m) Tiefe Wasser von 2½° Temperatur haben heraufgezogen werden können — Erscheinungen, welche die Existenz von unteren Strömungen aus den Polargegenden offenbaren. Die Folgen dieser subozeanischen konstanten Erkaltung des bei weitem größeren Teiles der Erdrinde verdienen eine Aufmerksamkeit, die ihnen bisher nicht genugsam geschenkt worden ist. Felsklippen und Inseln von geringem Umfange, welche wie Zapfen aus dem Meeresgrunde über die Oberfläche des Wassers hervortreten, schmale Landengen, wie Panama und Darien, von großen Weltmeeren bespült, müssen eine andere Wärmeverteilung in ihren Gesteinschichten darbieten, als Teile von gleichem Umfange und gleicher Masse im Inneren der Kontinente. In einer sehr hohen Gebirgsinsel ist, der Vertikale nach, der unterseeische Teil mit einer Flüssigkeit in Kontakt, welche von unten nach oben eine wachsende Temperatur hat. Wie aber die Erdschichten in die Atmosphäre, vom Meere unbenetzt, treten, berühren sie unter dem Einflusse der Besonnung und freier Ausstrahlung dunkler Wärme eine gasförmige Flüssigkeit, in welcher die Temperatur mit der Höhe abnimmt. Aehnliche thermische Verhältnisse von entgegengesetzter Ab- und Zunahme der Temperatur in der Vertikale wiederholen sich zwischen zwei großen Binnenmeeren, dem Kaspischen und dem Aralsee, in dem schmalen Ust-Urt, welcher beide voneinander scheidet. Um so verwickelte Phänomene einst aufzuklären, dürfen aber nur solche Mittel angewandt werden, welche, wie Bohrlöcher von großer Tiefe, unmittelbar auf die Kenntnis der inneren Erdwärme leiten, nicht etwa bloß Quellenbeobachtungen oder die Lufttemperatur in Höhlen, welche ebenso unsichere Resultate geben, als die Luft in den Stollen und Weitungen der Bergwerke.

Das Gesetz der zunehmenden und abnehmenden Wärme, wenn man ein niedriges Flachland mit einem prallig viele tausend Fuß aufsteigenden Gebirgsrücken oder Gebirgsplateau vergleicht, hängt nicht einfach von dem vertikalen Höhenverhältnis zweier Punkte der Erdoberfläche (in dem Flachlande und auf dem Gebirgsgipfel) ab. Wenn man nach der Voraussetzung eines bestimmten Maßes der Temperaturveränderung in einer gewissen Zahl von Fußen von der Ebene aufwärts zum Gipfel oder vom Gipfel abwärts zu der Erdschicht

im Inneren der Bergmasse rechnen wollte, welche mit der Oberfläche der Ebene in demselben Niveau liegt, so würde man in dem einen Falle den Gipfel zu kalt, in dem anderen die in dem Inneren des Berges bezeichnete Schicht viel zu heiß finden. Die Verteilung der Wärme in einem aufsteigenden Gebirge (in einer Undulation der Erdoberfläche) ist abhängig, wie schon oben bemerkt, von Form, Masse und Leitungsfähigkeit, von Insolation und Ausstrahlung der Wärme gegen reine oder mit Wolken erfüllte Luftschichten, von dem Kontakt und Spiel der auf und nieder steigenden Luftströmungen. Nach solchen Voraussetzungen müßten bei sehr mäßigen Höhenverschiedenheiten von 4 bis 5000 Fuß (1300 bis 1620 m) Gebirgsquellen sehr häufig sein, deren Temperatur die mittlere Temperatur des Ortes um 40 bis 50° überstiege; wie würde es vollends sein am Fuße von Gebirgen unter den Tropen, die bei 14 000 Fuß (4550 m) Erhebung noch frei von ewigem Schnee sind und oft keine vulkanische Gebirgsart, sondern nur Gneis und Glimmerschiefer zeigen![23] Der große Mathematiker Fourier, angeregt durch die Topographie des Ausbruches vom Jorullo, in einer Ebene, wo viele hundert Quadratmeilen umher keine ungewöhnliche Erdwärme zu spüren war, hat auf meine Bitte sich noch in dem Jahre vor seinem Tode mit theoretischen Untersuchungen über die Frage beschäftigt, wie bei Bergerhebungen und veränderter Oberfläche der Erde die isothermen Flächen sich mit der neuen Form des Bodens in Gleichgewicht setzen. Die Seitenstrahlung von Schichten, welche in gleichem Niveau, aber ungleich bedeckt liegen, spielt dabei eine wichtigere Rolle als da, wo Schichtung bemerkbar ist, die Aufrichtung (Inklination) der Absonderungsflächen des Gesteines.

Wie die heißen Quellen in der Umgegend des alten Karthago, wahrscheinlich die Thermalquellen von Pertusa (aquae calidae von Hammam el-Enf), den Bischof Patricius, den Märtyrer, auf die richtige Ansicht über die Ursache der höheren oder niedrigeren Temperatur der aufsprudelnden Wasser leiteten, habe ich schon an einem anderen Orte[24] erwähnt. Als nämlich der Prokonsul Julius den angeklagten Bischof spöttisch durch die Frage verwirren wollte: „Quo auctore fervens haec aqua tantum ebulliat?“ entwickelte Patricius seine Theorie der Centralwärme, „welche die Feuerausbrüche des Aetna und des Vesuvs veranlaßt und den Quellen um so mehr Wärme mitteilt, als sie einen tieferen Ursprung haben“.

Platons Pyriphlegethon war dem eruditen Bischof die Hölle der Sündigen, und, als wollte er dabei auch an eine der kalten Höllen der Buddhisten erinnern, wird noch, etwas unphysikalisch, für das nunquam finiendum supplicium impiorum, trotz der Tiefe, eine aqua gelidissima concrescens in glaciem angenommen.

Unter den heißen Quellen sind die, welche, der Siedhitze des Wassers nahe, eine Temperatur bis 90° erreichen, viel seltener, als man nach ungenauen Bestimmungen gewöhnlich annimmt; am wenigsten finden sie sich in der Umgebung noch thätiger Vulkane. Mir ist es geglückt, auf meiner amerikanischen Reise zwei der wichtigsten dieser Quellen zu untersuchen, beide zwischen den Wendekreisen. In Mexiko, unfern der reichen Silberbergwerke von Guanaxuato, in 21° nördl. Br., auf einer Höhe von mehr als 6000 Fuß (1950 m) über der Meeresfläche, bei Chichimequillo, entquellen die aguas de Comangillas einem Basalt- und Basaltbrecciengebirge. Ich fand sie im September 1803 zu 96,4°. Diese Basaltmasse hat einen säulenförmigen Porphyr gangartig durchbrochen, der selbst wieder auf einem weißen, quarzreichen Syenit ruht. Höher, aber nicht fern von dieser fast siedenden Quelle bei los Joares, nördlich von Santa Rosa de la Sierra, fällt Schnee vom Dezember bis April schon in 8160 Fuß (2651 m) Höhe; auch bereiten dort die Eingeborenen das ganze Jahr hindurch Eis durch Ausstrahlung in künstlichen Bassins. Auf dem Wege von Nueva Valencia, in den Valles de Aragua, nach dem Hafen von Portocabello (ungefähr in 10¼° Br.), am nördlichen Abfall der Küstenkette von Venezuela sah ich einem geschichteten Granit, welcher gar nicht in Gneis übergeht, die aguas calientes de las Trincheras entquellen. Ich fand [25] die Quelle im Februar 1800 zu 90,3°, während die dem Gneis angehörigen Baños de Mariara in den Valles de Aragua 59,3° zeigten. Dreiundzwanzig Jahre später, wieder im Monat Februar, fanden Boussingault und Rivero sehr genau in Mariara 64,0°, in las Trincheras de Portocabello, bei geringer Höhe über dem Antillischen Meere, in einem Bassin 92,2°, in dem anderen 90,0°. Die Wärme jener heißen Quellen war also in der kurzen Zwischenzeit beider Reisen ungleich gestiegen: in Mariara um 4,7°, in las Trincheras um 6,7°. Boussingault hat mit Recht darauf aufmerksam gemacht, daß eben in der bezeichneten Zwischenzeit das furchtbare Erdbeben stattfand, welches die Stadt Caracas

am 26. März 1812 umstürzte. Die Erschütterung an der Oberfläche war zwar weniger stark in der Gegend des Sees von Tacarigua (Nueva Valencia); aber kann im Inneren der Erde, wo elastische Dämpfe und Spalten wirken, eine sich so weit und gewaltsam fortpflanzende Bewegung nicht leicht das Spaltengewebe ändern und tiefere Zuführungskanäle öffnen? Die aus einer Granitformation aufsteigenden heißen Wasser de las Trincheras sind fast rein, da sie nur Spuren von Kieselsäure, etwas Schwefelwasserstoffsäure und Stickstoff enthalten; sie bilden nach vielen sehr malerischen Kaskaden, von einer üppigen Vegetation umgeben, einen Fluß, Rio de Aguas calientes, welcher gegen die Küste hin voll großer Krokodile ist, denen die abwärts schon bedeutend verminderte Wärme sehr behagt. Im nördlichsten Indien entspringt ebenfalls aus Granit (Br. 30° 52′) die sehr heiße Quelle von Jumnotri, die 90° (194° Fahr.) erreicht und, da sie diese hohe Temperatur in einer Erhebung von 10 180 Fuß (3308 m) offenbart, fast den Siedepunkt erreicht, welcher diesem Luftdruck angehört.

Unter den intermittierenden heißen Quellen haben die isländischen Kochbrunnen, und unter diesen besonders der große Geisir und Strokkr, mit Recht die größte Berühmtheit erlangt. Nach den vortrefflichen neuesten Untersuchungen von Bunsen, Sartorius von Waltershausen und Descloiseaux nimmt in den Wasserstrahlen beider die Temperatur von unten nach oben auf eine merkwürdige Weise ab. Der Geisir besitzt einen von horizontalen Schichten Kieselsinters gebildeten abgestumpften Kegel von 25 bis 30 Fuß (8 bis 10 m) Höhe. In diesen Kegel versenkt sich ein flaches Becken von 52 Fuß (17 m) Durchmesser, in dessen Mitte das Rohr des Kochbrunnens, mit einem dreimal kleineren Durchmesser, von senkrechten Wänden umgeben, 70 Fuß (23 m) in die Tiefe hinabgeht. Die Temperatur des Wassers, welches ununterbrochen das Becken füllt, ist 82°. In sehr regelmäßigen Zwischenräumen von 1 Stunde und 20 bis 30 Minuten verkündigt der Donner in der Tiefe den Anfang der Eruption. Die Wasserstrahlen von 9 Fuß (3 m) Dicke, deren etwa drei große einander folgen, erreichen 100, ja bisweilen 140 Fuß (32 bis 45 m) Höhe. Die Temperatur des in der Röhre aufsteigenden Wassers hat man in 68 Fuß (22 m) Tiefe, kurz vor dem Ausbruch zu 127°, während desselben zu 124°,2, gleich nachher zu 122° gefunden; an der Oberfläche des Beckens

nur zu 84° bis 85°. Der Strokkr, welcher ebenfalls am Fuße des Bjarnafell liegt, hat eine geringere Wassermasse als der Geisir. Der Sinterrand seines Beckens ist nur wenige Zoll hoch und breit. Die Eruptionen sind häufiger als beim Geisir, kündigen sich aber nicht durch unterirdischen Donner an. Im Strokkr ist beim Ausbruch die Temperatur in 40 Fuß (13 m) Tiefe 113° bis 115°, an der Oberfläche fast 100°. Die Eruptionen der intermittierenden Kochquellen und die kleinen Veränderungen in dem Typus der Erscheinungen sind von den Eruptionen des Hekla ganz unabhängig, und keineswegs durch diese in den Jahren 1845 und 1846 gestört worden.[26] Bunsen hat mit dem ihm eigenen Scharfsinn in Beobachtung und Diskussion die früheren Hypothesen über die Periodizität der Geisireruptionen (unterirdische Höhlen, welche als Dampfkessel sich bald mit Dämpfen, bald mit Wasser erfüllen) widerlegt. Die Ausbrüche entstehen nach ihm dadurch, daß ein Teil einer Wassersäule, die an einem tieferen Punkte unter großem Druck angehäufter Dämpfe einen hohen Grad der Temperatur angenommen hat, aufwärts gedrängt wird, und dadurch unter einen Druck gelangt, welcher seiner Temperatur nicht entspricht. So sind „die Geisir natürliche Kollektoren der Dampfkraft“.

Von den heißen Quellen sind einige wenige der absoluten Reinheit nahe, andere enthalten zugleich Lösungen von 8 bis 12 festen oder gasartigen Stoffen. Zu den ersteren gehören die Heilquellen von Luxueil, Pfeffers und Gastein, deren Art der Wirksamkeit wegen ihrer Reinheit[27] so rätselhaft scheinen kann. Da alle Quellen hauptsächlich durch Meteorwasser gespeist werden, so enthalten sie Stickstoff, wie Boussingault in der, dem Granit entströmenden, sehr reinen[28] Quelle in las Trincheras de Portocabello, und Bunsen in der Corneliusquelle zu Aachen und in dem isländischen Geisir erwiesen haben. Auch die in mehreren Quellen aufgelöste organische Materie ist stickstoffhaltig, ja bisweilen bituminös. Solange man noch nicht durch Gay-Lussacs und meine Versuche wußte, daß Regen- und Schneewasser (das erstere 10, das zweite wenigstens 8 Prozent) mehr Sauerstoff als die Atmosphäre enthalten, wurde es sehr auffallend gefunden, aus den Quellen von Nocera in den Apenninen ein sauerstoffreiches Gasgemisch entwickeln zu können. Die Analysen, welche Gay-Lussac während unseres Aufenthaltes an dieser Gebirgsquelle gemacht, haben gezeigt, daß sie nur so viel

Sauerstoff enthält, als ihr die Hydrometeore[29] haben geben können. Wenn die Kieselablagerungen als Baumaterial in Verwunderung setzen, aus denen die Natur die wie aus Kunst geschaffenen Geisirapparate zusammensetzt, so ist dabei in Erinnerung zu bringen, daß Kieselsäure auch in vielen kalten Quellen, welche einen sehr geringen Anteil von Kohlensäure enthalten, verbreitet ist.

Säuerlinge und Ausströmungen von kohlensaurem Gas, die man lange Ablagerungen von Steinkohlen und Ligniten zuschrieb, scheinen vielmehr ganz den Prozessen tiefer vulkanischer Thätigkeit anzugehören, einer Thätigkeit, welche allverbreitet ist, und sich daher nicht bloß da äußert, wo vulkanische Gebirgsarten das Dasein alter lokaler Feuerausbrüche bezeugen. Kohlensäureausströmungen überdauern allerdings in erloschenen Vulkanen die plutonischen Katastrophen am längsten, sie folgen dem Stadium der Solfatarenthätigkeit, während aber auch überreiche, mit Kohlensäure geschwängerte Wasser von der verschiedensten Temperatur aus Granit, Gneis, alten und neuen Flözgebirgen ausbrechen. Säuerlinge schwängern sich mit kohlensauren Alkalien, besonders mit kohlensaurem Natron, überall, wo mit Kohlensäure geschwängerte Wasser auf Gebirgsarten wirken, welche alkalische Silikate enthalten. Im nördlichen Deutschland ist bei vielen der kohlensauren Wasser- und Gasquellen noch die Dislokation der Schichten, und das Ausbrechen in meist geschlossenen Ringthälern (Pyrmont, Driburg) besonders auffallend. Friedrich Hoffmann und Buckland haben solche Vertiefungen fast zugleich sehr charakteristisch Erhebungsthäler (valleys of elevation) genannt.

In den Quellen, die man mit dem Namen der Schwefelwasser belegt, tritt der Schwefel keinesweges immer in denselben Verbindungen auf. In vielen, die kein kohlensaures Natron enthalten, ist wahrscheinlich Schwefelwasserstoff aufgelöst, in anderen, z. B. in den Schwefelwassern von Aachen (Kaiser-, Cornelius-, Rosen- und Quirinusquelle), ist in den Gasen, welche man durch Auskochen bei Luftabschluß erhält, nach den genauen Versuchen von Bunsen und Liebig gar kein Schwefelwasserstoff enthalten, ja in den aus den Quellen von selbst aufsteigenden Gasblasen enthält allein die Kaiserquelle in 100 Maß 0,31 Schwefelwasserstoff.[30]

Eine Therme, die einen ganzen Fluß schwefelgesäuerten Wassers, den Essigfluß (Rio Vinagre), von den Ein-

geborenen Pusambio genannt, erzeugt, ist eine merkwürdige Erscheinung, die ich zuerst bekannt gemacht habe. Der Rio Vinagre entspringt ungefähr in 10000 Fuß (3250 m) Höhe am nordwestlichen Abfall des Vulkans von Puracé, an dessen Fuße die Stadt Popayan liegt. Er bildet drei malerische Kaskaden, von denen ich die eine, welche an einer steilen Trachytwand senkrecht wohl 300 Fuß (100 m) herabstürzt, abgebildet habe. Von dem Punkte an, wo der kleine Fluß in den Cauca einmündet, nährt dieser große Strom 2 bis 3 Meilen (15 bis 22 km) abwärts bis zu den Einmündungen des Pindamon und Palacé keine Fische, ein großes Uebel für die streng fastenden Einwohner von Popayan! Die Wasser des Pusambio enthalten nach Boussingaults späterer Analyse eine große Menge Schwefelwasserstoff und Kohlensäure, auch etwas schwefelsaures Natron. Nahe an der Quelle fand Boussingault 72,8° Wärme. Der obere Teil des Pusambio ist unterirdisch. Im Paramo de Ruiz, am Abhange des Vulkanes desselben Namens, an den Quellen des Rio Guali, in 11400 Fuß (3703 m) Höhe, hat Degenhardt (aus Klausthal im Harze), der der Geognosie durch einen frühen Tod entrissen wurde, eine heiße Quelle 1846 entdeckt, in deren Wasser Boussingault dreimal so viel Schwefelsäure als im Rio Vignare fand.

Das Gleichbleiben der Temperatur und der chemischen Beschaffenheit der Quellen, soweit man durch sichere Beobachtungen hinaufreichen kann, ist noch um vieles merkwürdiger als die Veränderlichkeit,[31] die man hier und da ergründet hat. Die heißen Quellwasser, welche auf ihrem langen und verwickelten Laufe aus den Gebirgsarten, die sie berühren, so vielerlei Bestandteile aufnehmen, und diese oft dahin führen, wo sie den Erdschichten mangeln, aus denen sie ausbrechen, haben auch noch eine ganz andere Wirksamkeit. Sie üben eine umändernde und zugleich eine schaffende Thätigkeit aus. In dieser Hinsicht sind sie von großer geognostischer Wichtigkeit. Senarmont hat mit bewundernswürdigem Scharfsinn gezeigt, wie höchst wahrscheinlich viele Gangspalten (alte Wege der Thermalwasser) durch Ablagerung der aufgelösten Elemente von unten aus nach oben ausgefüllt worden sind. Durch Druck- und Temperaturveränderungen, innere elektrochemische Prozesse und spezifische Anziehung der Seitenwände (des Quergesteines) sind in Spalten und Blasenräumen bald lamellare Absonderungen, bald Konkretions-

bildungen entstanden. Gangdrusen und poröse Mandelsteine scheinen sich so teilweise gebildet zu haben. Wo die Ablagerung der Gangmasse in parallelen Zonen vorangegangen ist, entsprechen sich diese Zonen ihrer Beschaffenheit nach meist symmetrisch, von beiden Salbändern im Hängenden und Liegenden an gerechnet. Senarmonts chemischer Erfindungsgabe ist es gelungen, eine beträchtliche Zahl von Mineralien auf ganz analogen, synthetischen Wegen künstlich darzustellen.[32]

Ein mir nahe befreundeter, wissenschaftlich begabter Beobachter wird, wie ich hoffe, in kurzem eine neue, wichtige Arbeit über die Temperaturverhältnisse der Quellen erscheinen lassen, und in derselben, durch Induktion aus einer langen Reihe neuer Beobachtungen, das verwickelte Phänomen der Störungen in großer Allgemeinheit mit Scharfsinn behandeln. Eduard Hallmann unterscheidet in den Temperaturmessungen, welche er während der Jahre 1845 bis 1853 in Deutschland (am Rhein) und in Italien (in der Umgegend von Rom, im Albanergebirge und in den Apenninen) angestellt hat: 1) rein meteorologische Quellen, deren mittlere Wärme nicht durch die innere Erdwärme erhöht ist; 2) meteorologisch-geologische, die unabhängig von der Regenverteilung und wärmer als die Luft nur solche Temperaturveränderungen erleiden, welche ihnen der Boden mitteilt, durch den sie ausfließen; 3) abnorm kalte Quellen, welche ihre Kälte aus großen Höhen herabbringen.[33] Je mehr man in neuerer Zeit durch glückliche Anwendung der Chemie in die geognostische Einsicht von Bildung und metamorphischer Umwandlung der Gebirgsarten eingedrungen ist, eine desto größere Wichtigkeit hat die Betrachtung der mit Gas- und Salzarten geschwängerten Quellwasser erlangt, die im Inneren der Erde zirkulieren und, wo sie an der Oberfläche als Thermen ausbrechen, schon den größten Teil ihrer schaffenden, verändernden oder zerstörenden Thätigkeit vollbracht haben.

c. Dampf- und Gasquellen, Salsen, Schwammvulkane, Naphthafeuer.

Erweiterung des Naturgemäldes: Kosmos Bd. I, S. 159—161, S. 310 Anm. 140 und S. 312 Anm. 146.)

Ich habe in dem allgemeinen Naturgemälde durch nicht genug beachtete, aber wohl ergründete Beispiele gezeigt, wie die Salsen in den verschiedenen Stadien, die sie durchlaufen,

von den ersten, mit Flammen begleiteten Eruptionen bis zu den späteren Zuständen friedlicher Schlammauswürfe, gleichsam ein Mittelglied bilden zwischen den heißen Quellen und den eigentlichen Vulkanen, welche geschmolzene Erden, als unzusammenhängende Schlacken, oder als neugebildete, oft mehrfach übereinander gelagerte Gebirgsarten, ausstoßen. Wie alle Uebergänge und Zwischenglieder in der unorganischen und organischen Natur, verdienen die Salsen und Schlammvulkane eine ernstere Betrachtung, als die älteren Geognosten, aus Mangel einer speziellen Kenntnis der Thatsachen, auf sie gerichtet haben.

Die Salsen und Naphthabrunnen stehen teils vereinzelt in engen Gruppen, wie die Macalubi in Sizilien bei Girgenti, deren schon Solinus erwähnt, oder die bei Pietra mala, Barigazzo und am Monte Zibio unfern Sassuolo im nördlichen Italien, oder die bei Turbaco in Südamerika, teils erscheinen sie, und dies sind die lehrreicheren und wichtigeren, wie in schmalen Zügen aneinander gereiht. Längst kannte[84] man als äußerste Glieder des Kaukasus in Nordwest die Schlammvulkane von Taman, in Südost der großen Bergkette die Naphthaquellen und Naphthafeuer von Baku und der kaspischen Halbinsel Apscheron. Die Größe und den Zusammenhang dieses Phänomens hat aber erst der tiefe Kenner dieses Teiles von Vorderasien, Abich, erforscht Nach ihm sind die Schlammvulkane und Naphthafeuer des Kaukasus auf eine bestimmt zu erkennende Weise an gewisse Linien geknüpft, welche mit den Erhebungsachsen und Dislokationsrichtungen der Gesteinschichten in unverkennbarem Verkehr stehen. Den größten Raum, von fast 240 Quadratmeilen (13 200 qkm), füllen die in genetischem Zusammenhange stehenden Schlammvulkane, Naphthaemanationen und Salzbrunnen im südöstlichen Teile des Kaukasus aus, in einem gleichschenkligen Dreieck, dessen Basis das Litorale des Kaspischen Meeres bei Balachani (nördlich von Baku), und eine der Mündungen des Kur (Araxes) nahe bei den heißen Quellen von Sallian ist. Die Spitze eines solchen Dreieckes liegt bei dem Schagdagh im Hochthal von Kinalughi. Dort brechen an der Grenze einer Dolomit- und Schieferformation in 7834 Fuß (2545) m) Höhe über dem Kaspischen Meere, unfern des Dorfes Kinalughi selbst, die ewigen Feuer des Schagdagh aus, welche niemals durch meteorologische Ereignisse erstickt worden sind. Die mittlere Achse dieses

Dreieckes entspricht derjenigen Richtung, welche die in Schamacha an dem Ufer des Pyrsagat so oft erlittenen Erdbeben konstant zu befolgen scheinen. Wenn man die eben bezeichnete nordwestliche Richtung weiter verfolgt, so trifft sie die heißen Schwefelquellen von Akti, und wird dann die Streichungslinie des Hauptkammes des Kaukasus, wo er zum Kasbek aufsteigt und das westliche Daghestan begrenzt. Die Salsen der niederen Gegend, oft regelmäßig aneinander gereiht, werden allmählich häufiger gegen das kaspische Litorale hin zwischen Sallian, der Mündung des Pyrsagat (nahe bei der Insel Swinoi) und der Halbinsel Apscheron. Sie zeigen Spuren früherer wiederholter Schlammeruptionen, und tragen auf ihrem Gipfel kleine, den hornitos von Jorullo in Mexiko der Gestalt nach völlig ähnliche Kegel, aus denen entzündliches und oft auch von selbst entzündetes Gas ausströmt. Beträchtliche Flammenausbrüche sind besonders häufig gewesen zwischen 1844 und 1849 am Oudplidagh, Nahalath und Turandagh. Dicht bei der Mündung des Pyrsagat am Schlammvulkan Toprochali findet man (als Beweise einer ausnahmsweise sehr zugenommenen Intensität der unterirdischen Wärme) „schwarze Mergelstücke, die man mit dichtem Basalte und überaus feinkörnigem Doleritgesteine auf den ersten Anblick verwechseln könnte“. An anderen Punkten auf der Halbinsel Apscheron hat Lenz schlackenartige Stücke als Auswürflinge gefunden, und bei dem großen Flammenausbruch von Baklichli (7. Februar 1839) wurden durch die Winde kleine hohle Kugeln, gleich der sogenannten Asche der eigentlichen Vulkane, weit fortgeführt.[35]

In dem nordwestlichsten Ende gegen den kimmerischen Bosporus hin liegen die Schlammvulkane der Halbinsel Taman, welche mit denen von Aklanisowka und Jenikale bei Kertsch eine Gruppe bilden. Eine der Salsen von Taman hat am 27. Februar 1793 einen Schlamm- und Gasausbruch gehabt, in dem nach vielem unterirdischem Getöse eine in schwarzen Rauch (dichten Wasserdampf?) halb gehüllte Feuersäule von mehreren hundert Fußen Höhe aufstieg. Merkwürdig und für die Natur der Volcancitos de Turbaco lehrreich ist die Erscheinung, daß das von Friedrich Parrot und Engelhardt 1811 geprüfte Gas von Taman nicht entzündlich war, während das an demselben Orte 23 Jahre später von Göbel aufgefangene Gas aus der Mündung einer Glasröhre mit einer bläulichen Flamme wie alle Ausströmungen der Salsen im

südöstlichen Kaukasus brannte, aber auch, genau analysiert, in 100 Teilen 92,8 Kohlenwasserstoff und 5 Teile Kohlenoxydgas enthielt.

Eine stoffartig verschiedene, aber ihrer Entstehung nach gewiß verwandte Erscheinung sind in der toscanischen Maremma die heißen, borsauren Dampferuptionen, bekannt unter dem Namen der lagoni, fummarole, soffioni, auch volcani, bei Possara, Castel novo und Monte Cerboli. Die Dämpfe haben im Mittel eine Temperatur von 96° bis 100°, nach Pella an einigen Punkten bis 175°. Sie steigen teils unmittelbar aus Gesteinspalten, teils aus Pfützen auf, in denen sie aus flüssigem Thon kleine Kegel aufwerfen. Man sieht sie in weißlichen Wirbeln sich in der Luft verteilen. Die Borsäure, welche die Wasserdämpfe aus dem Schoße der Erde heraufbringen, kann man nicht erhalten, wenn man in sehr weiten und langen Röhren die Dämpfe der soffioni verdichtet; es zerstreut sich dieselbe wegen ihrer Flüchtigkeit in der Atmosphäre. Die Säure wird nur gewonnen in den schönen technischen Anstalten des Grafen Larderel, wenn die Mündungen der soffioni unmittelbar von der Flüssigkeit der Bassins bedeckt werden. Nach Payens vortrefflicher Analyse enthalten die gasförmigen Ausströmungen 0,57 Kohlensäure, 0,35 Stickstoff, nur 0,07 Sauerstoff und 0,001 Schwefelsäure. Wo die borsauren Dämpfe die Spalten des Gesteines durchdringen, setzen sie Schwefel ab. Nach Sir Roderick Murchisons Untersuchungen ist das Gestein teils kreideartig, teils eine nummulithaltige Eocänformation, ein macigno, welchen der in der Umgegend (bei Monte Rotondo) sichtbare und gehobene Serpentin [36] durchbricht. Sollten, fragt Bischof, hier und im Krater von Vulcano nicht in großer Tiefe heiße Wasserdämpfe auf borsaure Mineralien, auf datolith-, axinit- oder turmalinreiche Gebirgsarten zersetzend wirken?

Das Soffionensystem von Island übertrifft an Viel- und Großartigkeit der Erscheinungen alles, was wir auf dem Kontinente kennen. Wirkliche Schlammquellen brechen in dem Fumarolenfelde von Krisuvek und Reykjalidh aus einem blaugrauen Thone, aus kleinen Becken mit kraterförmigen Rändern hervor. Die Quellenspalten lassen sich auch hier nach bestimmten Richtungen verfolgen. Ueber keinen Teil der Erde, wo heiße Quellen, Salsen und Gaseruptionen sich finden, besitzen wir jetzt so vortreffliche und ausführliche chemische Untersuchungen als über Island durch den Scharfsinn und

die ausdauernden Bemühungen von Bunsen. Nirgends wohl ist in einer großen Länderstrecke, und der Oberfläche wahrscheinlich sehr nahe, ein solches verschiedenartiges Spiel chemischer Zersetzungen, Umwandlungen und neuer Bildungen zu belauschen.

Von Island auf den nahen amerikanischen Kontinent übergehend, finden wir im Staate New York in der Umgegend von Fredonia, unfern des Eriesees, in einem Becken von devonischen Sandsteinschichten, eine Unzahl von Brenngasquellen (Quellen von gekohltem Wasserstoffgas), auf Erdspalten ausbrechend und zum Teil zur Erleuchtung benutzt; andere Brenngasquellen, bei Rushville, nehmen die Form von Schlammkegeln an; noch andere, im Ohiothale, in Virginien und am Kentucky-River, enthalten zugleich Kochsalz und hängen dann mit schwachen Naphthaquellen zusammen. Jenseits des Antillischen Meerbusens aber, an der Nordküste von Südamerika, 2½ Meilen (18,5 km) in Süd-Süd-Ost von dem Hafen Cartagena de Indias, bietet bei dem anmutigen Dorfe Turbaco eine merkwürdige Gruppe von Salsen oder Schlammvulkanen Erscheinungen dar, die ich zuerst habe beschreiben können. In der Umgegend von Turbaco, wo man eine herrliche Ansicht der kolossalen Schneegebirge (Sierras Nevadas) von Santa Marta genießt, erheben sich an einem öden Platze mitten im Urwalde die Volcancitos, 18 bis 20 an der Zahl. Die größten der Kegel, von schwarzgrauem Letten, haben 18 bis 22 Fuß (5,8 bis 7,1 m) Höhe, und wohl 80 Fuß (26 m) Durchmesser an der Basis. Auf der Spitze jedes Kegels ist eine zirkelrunde Oeffnung von 20 bis 28 Zoll (52 bis 74 cm) Durchmesser, von einer kleinen Schlammmauer umgeben. Das Gas steigt empor mit großer Heftigkeit, wie bei Taman, in Blasen, deren jede, nach meiner Messung in graduierten Gefäßen, 10 bis 12 Kubikzoll enthält. Der obere Teil des Trichters ist mit Wasser gefüllt, das auf einer dichten Schlammdecke ruht. Benachbarte Kegel haben nicht gleichzeitige Auswürfe, aber in jedem einzelnen war eine gewisse Regelmäßigkeit in den Epochen der Auswürfe zu bemerken. Wir zählten, Bonpland und ich, an den äußersten Teilen der Gruppe stehend, ziemlich regelmäßig 5 Ausbrüche in je 2 Minuten. Wenn man sich über die kleine Kraternöffnung hinbeugt, so vernimmt man meist 20 Sekunden vor jedem Ausbruche ein dumpfes Getöse im Inneren der Erde, tief unter der Grundfläche des Kegels. In dem aufgestiegenen, zweimal mit vieler Vorsicht

gesammelten Gase verlosch augenblicklich eine brennende, sehr dünne Wachskerze, ebenso ein glimmender Holzspan von Bombax Ceiba. Das Gas war nicht zu entzünden. Kaltwasser wurde durch dasselbe nicht getrübt, es fand keine Absorption statt. Durch nitröses Gas auf Sauerstoff geprüft zeigte dieses Gas in einem Versuch keine Spur des letzteren; in einem anderen Versuche, wo das Gas der Volcancitos viele Stunden in eine kleine Glasglocke mit Wasser gesperrt worden war, zeigte es etwas über ein Hundertteil Sauerstoff, das sich wahrscheinlich, aus dem Wasser entwickelt, zufällig beigemischt hatte.

Nach diesen Ergebnissen der Analyse erklärte ich damals, und wohl nicht ganz mit Unrecht, das Gas der Volcancitos von Turbaco für Stickstoffgas, das mit einer kleinen Menge von Wasserstoffgas gemischt sein könnte. Ich drückte zugleich in meinem Tagebuche das Bedauern aus, daß man bei dem damaligen Zustande der Chemie (im April 1801) kein Mittel kenne, in einem Gemenge von Stickstoff- und Wasserstoffgas das Verhältnis der Mischung numerisch zu bestimmen. Dieses Mittel, bei dessen Anwendung drei Tausendteile Wasserstoffs in einem Luftgemisch erkannt werden können, wurde von Gay-Lussac und mir erst 4 Jahre später aufgefunden. In dem halben Jahrhundert, das seit meinem Aufenthalte in Turbaco und meiner astronomischen Aufnahme des Magdalenenstromes verflossen ist, hat kein Reisender sich wissenschaftlich mit den eben beschriebenen kleinen Schlammvulkanen beschäftigt, bis am Ende des Dezembers 1850 mein der neueren Geognosie und Chemie kundiger Freund, Joaquin Acosta [37], die merkwürdige Beobachtung machte, daß gegenwärtig (wovon zu meiner Zeit keine Spur vorhanden war) „die Kegel einen bituminösen Geruch verbreiten, daß etwas Erdöl auf der Wasserfläche der kleinen Oeffnungen schwimmt, und daß man auf jedem der Schlammhügel von Turbaco das ausströmende Gas entzünden kann." Deutet dies, fragt Acosta, auf eine durch innere Prozesse hervorgebrachte Veränderung des Phänomens, oder ganz einfach auf einen Irrtum in den früheren Versuchen? Ich würde diesen frei eingestehen, wenn ich nicht das Blatt des Tagebuches aufbewahrt hätte, auf welchem die Versuche an demselben Morgen, an dem sie angestellt wurden, umständlich [38] aufgezeichnet worden sind. Ich finde nichts darin, was mich heute zweifelhaft machen könnte, und die schon oben berührte Erfahrung, daß (nach Parrots Berichte) „das Gas der Schlammvulkane der Halbinsel Taman 1811

die Eigenschaft hatte, das Brennen zu verhindern, indem ein glimmender Span in dem Gase erlosch, ja die aufsteigenden, einen Fuß dicken Blasen im Platzen nicht entzündet werden konnten", während 1834 Göbel an demselben Orte das leicht anzuzündende Gas mit heller bläulicher Flamme brennen sah, läßt mich glauben, daß in verschiedenen Stadien die Ausströmungen chemische Veränderungen erleiden. Mitscherlich hat ganz neuerlich auf meine Bitte die Grenze der Entzündbarkeit künstlich bereiteter Mischungen von Stick- und Wasserstoffgas bestimmt. Es ergab sich, daß Gemenge von 1 Teil Wasserstoffgas und drei Teilen Stickstoffgas sich nicht bloß durch ein Licht entzündeten, sondern auch fortfuhren zu brennen. Vermehrte man das Stickstoffgas, so daß das Gemenge aus 1 Teil Wasserstoffgas und 3½ Teilen Stickstoffgas bestand, so erfolgte zwar noch Entzündung, aber das Gemenge fuhr nicht fort zu brennen. Nur bei einem Gemenge von 1 Teil Wasserstoffgas und 4 Teilen Stickstoffgas fand gar keine Entzündung mehr statt. Die Gasausströmungen, welche man ihrer leichten Entzündbarkeit und ihrer Lichtfarbe wegen Ausströmungen von reinem und gekohltem Wasserstoff zu nennen pflegt, brauchen also quantitativ nur dem dritten Teile nach aus einer der zuletzt genannten Gasarten zu bestehen. Bei den seltener vorkommenden Gemengen von Kohlensäure und Wasserstoff würde, wegen der Wärmekapazität der ersteren, die Grenze der Entzündbarkeit noch anders ausfallen. Acosta wirft mit Recht die Frage auf: „ob eine unter den Eingeborenen von Turbaco, Abkömmlingen der Indios de Taruaco, fortgepflanzte Tradition, nach der die Volcancitos einst alle brannten, und durch Besprechung und Besprengen mit Weihwasser von einem frommen Mönche[39] aus Volcanes de fuego in Volcanes de agua umgewandelt wären, sich nicht auf einen Zustand beziehe, der jetzt wiedergekehrt ist". Einmalige große Flammeneruptionen von vor- und nachher sehr friedlichen Schlammvulkanen (Taman 1793; am Kaspischen Meere bei Jokmali 1827 und bei Baklichli 1839, bei Kuschtschy 1846, ebenfalls im Kaukasus) bieten analoge Beispiele dar.

Das so kleinlich scheinende Phänomen der Salsen von Turbaco hat an geologischem Interesse gewonnen durch den mächtigen Flammenausbruch und die Erdumwälzung, welche 1839 über 8 geographische Meilen (60 km) in NNO von Cartagena de Indias sich zwischen diesem Hafen und dem

von Sabamilla, unfern der Mündung des großen Magdalenenstromes, zugetragen haben. Der eigentliche Centralpunkt des Phänomens war das $1\frac{1}{2}$ bis 2 Meilen (11 bis 15 km) lange in das Meer als schmale Halbinsel hervortretende Kap Galera Zamba. Auch die Kenntnis dieses Ereignisses verdankt man dem Artillerieoberst Acosta, der leider durch einen frühen Tod den Wissenschaften entrissen wurde. In der Mitte der Landzunge stand ein konischer Hügel, aus dessen Krateröffnung bisweilen Rauch (Dämpfe) und Gasarten mit solcher Heftigkeit ausströmten, daß Bretter und große Holzstücke, die man hineinwarf, weit weggeschleudert wurden. Im Jahre 1839 verschwand der Kegel bei einem beträchtlichen Feuerausbruch, und die ganze Halbinsel Galera Zamba ward zur Insel, durch einen Kanal von 30 Fuß (9,75 m) Tiefe vom Kontinent getrennt. In diesem friedlichen Zustande blieb die Meeresfläche, bis an der Stelle des früheren Durchbruches am 7. Oktober 1848, ohne alle in der Umgegend fühlbare Erderschütterung, ein zweiter furchtbarer Flammenausbruch erschien, der mehrere Tage dauerte und in 10 bis 12 Meilen (74 bis 90 km) Entfernung sichtbar war. Nur Gasarten, nicht materielle Teile, warf die Salse aus. Als die Flammen verschwunden waren, fand man den Meeresboden zu einer kleinen Sandinsel gehoben, die aber nach kurzer Zeit wiederum verschwand. Mehr als 50 Volcancitos (Kegel, denen von Turbaco ähnlich) umgeben jetzt bis in eine Entfernung von 4 bis 5 Meilen (29 bis 37 km) den unterseeischen Gasvulkan der Galera Zamba. Man darf ihn in geologischer Hinsicht wohl als den Hauptsitz der vulkanischen Thätigkeit betrachten, welche sich in der ganzen Niederung von Turbaco bis über das Delta des Rio grande de la Magdalena hin mit der Atmosphäre in Kontakt zu setzen strebt.

Die Gleichheit der Erscheinungen, welche in den verschiedenen Stadien ihrer Wirksamkeit die Salsen, Schlammvulkane und Gasquellen auf der italienischen Halbinsel, im Kaukasus und in Südamerika darbieten, offenbart sich in ungeheuren Länderstrecken im chinesischen Reiche. Die Kunst des Menschen hat seit den ältesten Zeiten dort diesen Schatz zu benutzen gewußt, ja zu der sinnreichen, den Europäern spät erst bekannt gewordenen Erfindung des chinesischen Seilbohrens geleitet. Mehrere tausend Fuß tiefe Bohrlöcher werden durch die einfachste Anwendung der Menschenkraft oder vielmehr des Gewichtes des Menschen niedergebracht. Ich

habe an einem anderen Orte[40] von dieser Erfindung umständlich gehandelt, wie von den Feuerbrunnen Hi-tsing, und feurigen Bergen, Ho-shan, des östlichen Asiens. Man bohrt zugleich auf Wasser, auf Salzsole und Brenngas, von den südwestlichen Provinzen Yün-nan, Kuang-si und Sz'-tschuan an der Grenze von Tibet an bis zur nördlichen Provinz Schan-si. Das Brenngas verbreitet bei rötlicher Flamme oft einen bituminösen Geruch; es wird teils in tragbaren, teils in liegenden Bambusröhren in entfernte Orte, zum Salzsieden, zur Erwärmung der Häuser oder zur Straßenerleuchtung, geleitet. In seltenen Fällen ist der Zufluß von gekohltem Wasserstoffgas plötzlich erschöpft oder durch Erdbeben gehemmt worden. So weiß man, daß ein berühmter Ho-tsing südwestlich von der Stadt Khiung-tscheu (Br. 50° 27', Länge 101° 6' Ost), welcher ein mit Geräusch brennender Salzbrunnen war, im 13. Jahrhundert erloschen ist, nachdem er seit dem 2. Jahrhundert unserer Zeitrechnung die Umgegend erleuchtet hatte. In der an Steinkohlen sehr reichen Provinz Schan-si finden sich einige entzündete Steinkohlenflöze. Die feurigen Berge (Ho-schan) sind über einen großen Teil von China verbreitet. Die Flammen steigen oft, z. B. in der Felsmasse des Py-kiaschan, am Fuße eines mit ewigem Schnee bedeckten Gebirges (Br. 31° 40'), in großen Höhen aus langen, offenen, unzugänglichen Spalten auf, ein Phänomen, welches an die ewigen Feuer des Schagdaghgebirges im Kaukasus erinnert.

Auf der Insel Java gibt es in der Provinz Samarang etwa drei Meilen (22 km) von der nördlichen Küste entfernt, Salsen, welche denen von Turbaco und Galera Zamba ähnlich sind. Sehr veränderliche Hügel von 25 bis 30 Fuß (8 bis 10 m) Höhe werfen Schlamm, Salzwasser und ein seltenes Gemisch von Wasserstoffgas und Kohlensäure aus,[41] eine Erscheinung, die nicht mit den großen und verheerenden Schlammströmen zu verwechseln ist, welche bei den seltenen Eruptionen der kolossalen wirklichen Vulkane Javas (Gunung Kelut und Gunung Idjen) sich ergießen. Sehr berühmt sind noch auf Java, besonders durch Uebertreibungeu in der Darstellung einiger Reisenden, wie durch die, schon von Sykes und London gerügte Anknüpfung an die Mythe vom Giftbaum Upas, einige Stickgrotten oder Quellen von kohlensaurem Gas. Die merkwürdigste der 6 von Junghuhn wissenschaftlich beschriebenen ist das sogenannte Totenthal der Insel (Pakaraman), im Gebirge Diëng, nahe bei Batur.[42]

Es ist ein trichterförmiger Einsturz an einem Berggehänge, eine Vertiefung, in welcher die Schicht der ausströmenden Kohlensäure zu verschiedenen Jahreszeiten eine sehr verschiedene Höhe erreicht. Man findet darin oft Skelette von wilden Schweinen, Tigern und Vögeln.[43] Der Giftbaum, pohon (besser pûhn) ûpas der Malaien (Antaris toxicaria des Reisenden Leschenault de la Tour), ist mit seinen unschädlichen Ausdünstungen jenen tödlichen Wirkungen ganz fremd.

Ich schließe diesen Abschnitt von den Salsen, Dampf- und Gasquellen mit der Beschreibung eines Ausbruches von heißen Schwefeldämpfen, die wegen der Gebirgsart, aus welcher sie sich entwickeln, das Interesse der Geognosten auf sich ziehen können. Bei dem genußreichen, aber etwas anstrengenden Uebergange über die Centralkordillere von Quindiu (ich brauchte 14 bis 15 Tage, zu Fuß, und ununterbrochen in freier Luft schlafend, um über den Gebirgskamm von 10 788 Fuß (3375 m) aus dem Thale des Rio Magdalena in das Caucathal zu gelangen) besuchte ich in der Höhe von 6390 Fuß (2075 m) den Azufral westlich von der Station el Moral. In einem etwas dunkel gefärbten Glimmerschiefer, der auf einen granathaltenden Gneis aufgesetzt, samt diesem die hohe Granitkuppe von la Ceja und la Garita del Paramo umlagert, sah ich in dem engen Thale (Quebrada del Azufral) warme Schwefeldämpfe aus den Gesteinklüften ausströmen. Da sie mit Schwefelwasserstoffgas und vieler Kohlensäure gemischt sind, so fühlt man einen betäubenden Schwindel, wenn man sich niederbeugt, um die Temperatur zu messen, und länger in ihrer Nähe verweilt. Die Temperatur der Schwefeldämpfe war 47,6°, die der Luft 20,6°, die des Schwefelbächleins, das vielleicht im oberen Laufe durch die Schneewasser des Vulkans von Tolima erkaltet ist, 29,2°. Der Glimmerschiefer, welcher etwas Schwefelkies enthält, ist von vielen Schwefeltrümmern durchsetzt. Der zum Verkauf zubereitete Schwefel wird großenteils aus einem mit natürlichem Schwefel und verwittertem Glimmerschiefer gemengten, ockergelben Letten gewonnen. Die Arbeiter (Mestizen) leiden dabei an Augenübeln und an Muskellähmung. Als 30 Jahre nach mir (1831) Boussingault den Azufral de Quindiu besuchte, hatte die Temperatur der Dämpfe, die er chemisch analysierte, so abgenommen, daß sie unter die der freien Luft (22°), nämlich auf 19° bis 20° fiel. Derselbe vortreffliche Beobachter sah in der Quebrada de aguas calientes

das Trachytgestein des nahen Vulkanes von Tolima den Glimmerschiefer durchbrechen, wie ich sehr deutlich, ebenso eruptiv, den schwarzen Trachyt des Vulkanes Tunguragua bei der Seilbrücke von Penipe einen granathaltenden grünlichen Glimmerschiefer habe bedecken sehen. Da man bisher in Europa Schwefel nicht in den ehemals sogenannten primitiven Gebirgsarten, sondern nur in Tertiärkalk, in Gips, in Konglomeraten und echt vulkanischem Gestein gefunden hat, so ist das Vorkommen im Azufral de Quindiu (nördl. Br. 4½°) um so merkwürdiger, als es sich südlich vom Aequator zwischen Quito und Cuenca, am nördlichen Abfall des Paramo del Assuay wiederholt. In dem Azufral des Cerro Cuello (südl. Br. 2° 13′) habe ich, wiederum im Glimmerschiefer, in 7488 Fuß (2433 m) Höhe ein mächtiges Quarzlager angetroffen, in welchem der Schwefel nesterweise reichlich eingesprengt ist. Zur Zeit meiner Reise waren die Schwefelstücke nur von 6 bis 8 Zoll (16 bis 22 cm) Größe, früher fand man sie zu 3 bis 4 Fuß (1 bis 1,4 m) Durchmesser. Selbst eine Naphthaquelle entspringt sichtbar aus Glimmerschiefer in dem Meeresboden im Golf von Cariaco bei Cumana. Die Naphtha färbt dort einen Teil der Oberfläche des Meeres auf mehr als tausend Fuß (320 m) Länge gelb, und ihren Geruch fand ich verbreitet bis in das Innere der Halbinsel Araya.[44]

Wenn wir nun einen letzten Blick auf die Art vulkanischer Thätigkeit werfen, welche sich durch Hervordringen von Dämpfen und Gasarten, bald mit bald ohne Feuererscheinungen, offenbart, so finden wir darin bald große Verwandtschaft, bald große Verschiedenheit der aus den Erdspalten ausbrechenden Stoffe, je nachdem die hohe Temperatur des Inneren, das Spiel der Affinitäten modifizierend auf gleichartige oder sehr zusammengesetzte Materien gewirkt hat. Die Stoffe, welche bei diesem geringeren Grade vulkanischer Thätigkeit an die Oberfläche getrieben werden, sind: Wasserdampf in großem Maße, Chlornatrium, Schwefel, gekohlter und geschwefelter Wasserstoff, Kohlensäure und Stickstoff, Naphtha (farblos, gelblich oder als braunes Erdöl), Borsäure und Thonerde der Schlammvulkane. Die große Verschiedenheit dieser Stoffe, von denen jedoch einige (Kochsalz, Schwefelwasserstoffgas und Erdöl) sich fast immer begleiten, bezeugt das Unpassende der Benennung Salsen, welche aus Italien stammt, wo Spallanzani das große Verdienst gehabt hat, zuerst die Aufmerk-

samkeit der Geognosten auf das lange für so unwichtig gehaltene Phänomen im Modenesischen zu leiten. Der Name Dampf- und Gasquellen drückt mehr das Gemeinsame aus. Wenn viele derselben als Fumarolen zweifelsohne in Beziehung zu erloschenen Vulkanen stehen, ja besonders als Quellen von kohlensaurem Gas ein letztes Stadium solcher Vulkane charakterisieren, so scheinen dagegen andere, die Naphthaquellen, ganz unabhängig von den wirklichen, geschmolzene Erden ausstoßenden Feuerbergen zu sein. Sie folgen dann, wie schon Abich am Kaukasus gezeigt hat, in weiten Strecken bestimmten Richtungen, ausbrechend auf Gebirgsspalten, sowohl in der Ebene, selbst im tiefen Becken des Kaspischen Meeres, als in Gebirgsgegenden von fast 8000 Fuß (2600 m). Gleich den eigentlichen Vulkanen vermehren sie bisweilen plötzlich ihre scheinbar schlummernde Thätigkeit durch Ausbruch von Feuersäulen, die weit umher Schrecken verbreiten. In beiden Kontinenten, in weit voneinander entfernten Weltgegenden, zeigen sie dieselben aufeinander folgenden Zustände, aber keine Erfahrung hat uns bisher berechtigt zu glauben, daß sie Vorboten der Entstehung wirklicher, Lava und Schlacken auswerfender Vulkane sind. Ihre Thätigkeit ist anderer Art, vielleicht in minderer Tiefe wurzelnd und durch andere chemische Prozesse bedingt.

d. Vulkane, nach der Verschiedenheit ihrer Gestaltung und Thätigkeit. — Wirkung durch Spalten und Maare. — Umwallungen der Erhebungskrater. — Vulkanische Kegel- und Glockenberge, mit geöffnetem oder ungeöffnetem Gipfel. — Verschiedenheit der Gebirgsarten, durch welche die Vulkane wirken.

(Erweiterung des Naturgemäldes: Kosmos Bd. I, S. 161—177.)

Unter den mannigfaltigen Arten der Kraftäußerung in der Reaktion des Inneren unseres Planeten gegen seine obersten Schichten ist die mächtigste die, welche die eigentlichen Vulkane darbieten, d. i. solche Oeffnungen, durch die neben den Gasarten auch feste, stoffartig verschiedene Massen in feuerflüssigem Zustande, als Lavaströme oder als Schlacken, oder als Produkte der feinsten Zerreibung (Asche), aus ungemessener Tiefe an die Oberfläche gedrängt werden. Hält

man nach einem alten Sprachgebrauche die Wörter Vulkan und Feuerberg für synonym, so knüpft man dadurch, nach einer vorgefaßten, sehr allgemein verbreiteten Meinung, den Begriff von vulkanischen Erscheinungen an das Bild von einem isoliert stehenden Kegelberge mit kreisrunder oder ovaler Oeffnung auf dem Gipfel. Solche Ansichten verlieren aber von ihrer Allgemeinheit, wenn sich dem Beobachter Gelegenheit darbietet, zusammenhängende vulkanische Gebiete von mehreren tausend geographischen Quadratmeilen Flächeninhalt, z. B. den ganzen mittleren Teil des mexikanischen Hochlandes zwischen dem Pik von Orizaba, dem Jorullo und den Küsten der Südsee, oder Centralamerika, oder die Kordilleren von Neugranada und Quito zwischen dem Vulkan von Puracé bei Popayan, dem von Pasto und dem Chimborazo, oder das Isthmusgebirge des Kaukasus zwischen dem Kasbek, Elbrus und Ararat, zu durchwandern. In dem unteren Italien, zwischen den Phlegräischen Feldern des campischen Festlandes, Sizilien, den Liparen und Ponzainseln, ist, wie in den griechischen Inseln, das verbindende Zwischenland teils nicht mit gehoben, teils vom Meere verschlungen worden.

Es zeigen sich in den vorgenannten großen Gebieten von Amerika und vom Kaukasus Eruptionsmassen (wirkliche Trachyte, nicht Trachytkonglomerate, Obsidianströme, steinbruchartig geronnene Bimssteinblöcke, nicht durch Wasser verbreitetes und abgesetztes Bimssteingerölle), welche von den sich erst in beträchtlicher Ferne erhebenden Bergen ganz unabhängig zu sein scheinen. Warum sollte bei der fortschreitenden Abkühlung der wärmestrahlenden oberen Erdschichten, ehe noch isolierte Berge oder ganze Bergketten sich erhoben, die Oberfläche nicht vielfach gespalten worden sein? Warum sollten diese Spalten nicht feuerflüssige, zu Gebirgsarten und Eruptionsgestein erhärtete Massen (Trachyte, Dolerite, Melaphyre, Perlstein, Obsidian und Bimsstein) ausgestoßen haben? Ein Teil dieser ursprünglich horizontal gelagerten, in zähflüssigem Zustande wie aus Erdequellen hervorbrechenden Trachyt- oder Doleritschichten ist bei der späteren Erhebung vulkanischer Kegel- und Glockenberge in eine gestürzte Lage geraten, in eine solche, welche den neueren, aus Feuerbergen entspringenden Laven keineswegs angehört. So ist, um zuerst an ein europäisches, sehr bekanntes Beispiel zu erinnern, in dem Val del Bove am Aetna (einer Aushöhlung, die tief in das Innere des Berges einschneidet)

das Fallen der mit Geröllmassen sehr regelmäßig alternierenden Lavaschichten 25° bis 30°, während daß nach Elie de Beaumonts genauen Bestimmungen die Laveströme, welche die Oberfläche des Aetna bedecken, und ihm erst seit seiner Erhebung als Berg entflossen sind, in der Mittelzahl von 30 Strömen nur ein Gefälle von 3° bis 5° zeigen. Diese Verhältnisse deuten hin auf das Dasein sehr alter vulkanischer Formationen, auf Spalten ausgebrochen, vor der Bildung des Vulkanes als eines Feuerberges. Eine merkwürdige Erscheinung derart bietet uns auch das Altertum dar, eine Erscheinung, die sich in einer weiten Ebene, in einem Gebiete zeigte, das von allen thätigen oder erloschenen Vulkanen entfernt liegt, auf Euböa, dem jetzigen Negropont. „Die heftigen Erdstöße, welche die Insel teilweise erschütterten, hörten nicht eher auf, bis ein in der Ebene von Lelantus geöffneter Erdschlund einen Strom glühenden Schlammes (Lava) ausstieß.[45]

Sind, wie ich längst zu vermuten geneigt bin, einer ersten Spaltung der tief erschütterten Erdrinde, die ältesten, zum Teil auch gangausfüllenden Formationen des Eruptivgesteines (nach seiner mineralischen Zusammensetzung den neueren Laven oft vollkommen ähnlich) zuzuschreiben, so müssen sowohl diese Spalten, wie die später entstandenen, schon minder einfachen Erhebungskrater doch nur als vulkanische Ausbruchsöffnungen, nicht als Vulkane selbst, betrachtet werden. Der Hauptcharakter von diesen letzteren besteht in einer permanenten oder wenigstens von Zeit zu Zeit erneuerten Verbindung des tiefen Herdes mit der Atmosphäre. Der Vulkan bedarf dazu eines eigenen Gerüstes,[46] denn, wie Seneca sehr treffend in einem Briefe an den Lucilius sagt: „ignis in ipso monte non alimentum habet, sed viam.“ Die vulkanische Thätigkeit wirkt dann formgebend, gestaltend durch Erhebung des Bodens; nicht, wie man ehemals allgemein und ausschließend glaubte, aufbauend durch Anhäufung von Schlacken und sich überlagernde neue Lavaschichten. Der Widerstand, welchen die in allzu großer Menge gegen die Oberfläche gedrängten feuerflüssigen Massen in dem Ausbruchkanal finden, veranlaßt die Vermehrung der hebenden Kraft. Es entsteht eine „blasenförmige Auftreibung des Bodens“, wie dies durch die regelmäßige, nach außen gekehrte Abfallrichtung der gehobenen Bodenschichten bezeichnet wird. Eine minenartige Explosion, die

Sprengung des mittleren und höchsten Teiles der konvexen Auftreibung des Bodens, erzeugt bald allein das, was Leopold von Buch einen Erhebungskrater[47] genannt hat, d. h. eine kraterförmige, runde oder ovale Einsenkung, von einem Erhebungszirkus, einer ringförmigen, meist stellenweise eingerissenen Umwallung, begrenzt, bald (wenn die Reliefstruktur eines permanenten Vulkanes vervollständigt werden soll) in der Mitte des Erhebungskraters zugleich einen dom- oder kegelförmigen Berg. Der letztere ist dann meist an seinem Gipfel geöffnet und auf dem Boden dieser Oeffnung (des Kraters des permanenten Vulkans) erheben sich vergängliche Auswurfs- und Schlackenhügel, kleine und große Eruptionskegel, welche beim Vesuv bisweilen die Kraterränder des Erhebungskegels weit überragen. Nicht immer haben sich aber die Zeugen des ersten Ausbruches, die alten Gerüste, wie sie hier geschildert werden, erhalten. Die hohe Felsmauer, welche die peripherische Umwallung (den Erhebungskrater) umgibt, ist an vielen der mächtigsten und thätigsten Vulkane nicht einmal in einzelnen Trümmern zu erkennen.

Es ist ein großes Verdienst der neueren Zeit, nicht bloß durch sorgfältige Vergleichung weit voneinander entfernter Vulkane die einzelnen Verhältnisse ihrer Gestaltung genauer erforscht, sondern auch in die Sprachen bestimmtere Ausdrücke eingeführt zu haben, wodurch das Ungleichartige in den Reliefteilen, wie in den Aeußerungen vulkanischer Thätigkeit getrennt wird. Ist man nicht entschieden allen Klassifikationen abhold, weil dieselben in dem Bestreben nach Verallgemeinerung noch immer nur auf unvollständigen Induktionen beruhen, so kann man sich das Hervorbrechen von feuerflüssigen Massen und festen Stoffen, von Dämpfen und Gasarten begleitet, auf viererlei Weise vorstellen. Von den einfachen zu den zusammengesetzten Erscheinungen übergehend, nennen wir zuerst Eruptionen auf Spalten, nicht einzelne Kegelreihen bildend, sondern in geflossenem und zähem Zustande übereinander gelagerte vulkanische Gebirgsmassen erzeugend; zweitens Ausbrüche durch Aufschüttungskegel ohne Umwallung und doch Lavaströme ergießend, wie fünf Jahre lang bei der Verwüstung der Insel Lancerote in der ersten Hälfte des verflossenen Jahrhunderts; drittens Erhebungskrater mit gehobenen Schichten, ohne Centralkegel, Lavaströme nur an der äußeren Seite der Umwallung, nie aus dem Inneren,

das früh sich durch Einsturz verschließt, aussendend; viertens geschlossene **Glockenberge** oder an der Spitze geöffnete **Erhebungskegel**, entweder mit einem wenigstens teilweise erhaltenen Zirkus umgeben, wie am Pik von Tenerifa, in Fogo und Rocca Monfina, oder ganz ohne Umwallung und ohne Erhebungskrater, wie in Island, in den Kordilleren von Quito und dem mittleren Teile von Mexiko. Die offenen **Erhebungskegel** dieser vierten Klasse bewahren eine permanente, in unbestimmten Zeiträumen mehr oder weniger thätige Verbindung zwischen dem feurig-heißen Erdinneren und dem Luftkreise. Der an dem Gipfel **verschlossen** gebliebenen dom- und glockenförmigen Trachyt- und Doleritberge scheint es nach meinen Beobachtungen mehr als der **offenen**, noch thätigen oder erloschenen Kegel, weit mehr als der eigentlichen Vulkane zu geben. Dom- und glockenartige Bergformen, wie der Chimborazo, Puy de Dôme, Sarcouy, Rocca Monfina und Vultur, verleihen der Landschaft einen eigenen Charakter, durch welchen sie mit den **Schieferhörnern** oder den zackigen Formen des Kalkgesteines anmutig kontrastieren.

In der uns bei Ovid „in anschaulicher Darstellung" aufbewahrten Tradition über das große vulkanische Naturereignis auf der Halbinsel Methone ist die Entstehung einer solchen **Glockenform**, die eines uneröffneten Berges, mit methodischer Deutlichkeit bezeichnet. „Die Gewalt der in finsteren Erdhöhlen eingekerkerten Winde treibt, eine Oeffnung vergebens suchend, den gespannten Erdboden auf (extentam tumefecit humum), wie wenn man eine Blase oder einen Schlauch mit Luft anfüllt. Die hohe Anschwellung hat sich durch langsame **Erhärtung** in der Gestalt eines Hügels erhalten." Ich habe schon an einem anderen Orte daran erinnert, wie ganz verschieden diese römische Darstellung von der Aristotelischen Erzählung des vulkanischen Ereignisses auf Hiera, einer neu entstandenen äolischen (liparischen) Insel, ist, in welchem „der unterirdische, mächtig treibende Hauch zwar ebenfalls einen Hügel erhebt, ihn aber später zum Erguß eines feurigen Aschenregens aufbricht". Die Erhebung wird hier bestimmt als dem Flammenausbruch vorhergehend geschildert (**Kosmos** Bd. I, S. 313). Nach Strabo hatte der aufgestiegene domförmige Hügel von Methona sich ebenfalls in feuriger Eruption geöffnet, bei deren Ende sich **nächtlich** ein **Wohlgeruch** verbreitete. Letzterer war, was sehr auffallend ist, unter ganz ähnlichen Verhältnissen bei dem vul-

kanischen Ausbruche von Santorin im Herbste 1650 bemerkt, und in der bald darauf von einem Mönche gehaltenen und aufgeschriebenen Bußpredigt „ein tröstendes Zeichen" genannt worden, „daß Gott seine Herde noch nicht verderben wolle".[18] Sollte dieser Wohlgeruch nicht auf Naphtha deuten? Es wird desselben ebenfalls von Kotzebue in seiner russischen Entdeckungsreise gedacht, bei Gelegenheit eines Feuerausbruches (1804) des aus dem Meere aufgestiegenen neuen Inselvulkanes Umnack im Aleutischen Archipel. Bei dem großen Ausbruche des Vesuvs am 12. August 1805, den ich mit Gay-Lussac beobachtete, fand letzterer einen bituminösen Geruch im entzündeten Krater zuzeiten vorherrschend. Ich stelle diese wenig beachteten Thatsachen zusammen, weil sie beitragen, die enge Verkettung aller Aeußerung vulkanischer Thätigkeit, die Verkettung der schwachen Salsen und Naphthaquellen mit den wirklichen Vulkanen zu bewähren.

Umwallungen, denen der Erhebungskrater analog, zeigen sich auch in Gebirgsarten, die von Trachyt, Basalt und Porphyrschiefer sehr verschieden sind, z. B. nach Elie de Beaumonts scharfsinniger Auffassung im Granit der französischen Alpenkette. Die Bergmasse von Oisons, zu welcher der höchste[19] Gipfel von Frankreich, der Mont Pelvoux bei Briançon (12 109 Fuß = 3933 m) gehört, bildet einen Zirkus von acht geogr. Meilen (60 km) Umfang, in dessen Mitte das kleine Dorf de la Bérarde liegt. Die steilen Wände des Zirkus steigen über 9000 Fuß (2920 m) hoch an. Die Umwallung selbst ist Gneis, alles Innere ist Granit. In den Schweizer und Savoyer Alpen zeigt sich in kleinen Dimensionen mehrfach dieselbe Gestaltung. Das Grand-Plateau des Montblanc, in welchem Bravais und Martins mehrere Tage kampiert haben, ist ein geschlossener Zirkus mit fast ebenem Boden mit 12 020 Fuß (3905 m) Höhe, ein Zirkus, aus dem sich die kolossale Gipfelpyramide erhebt. Dieselben hebenden Kräfte bringen, doch durch die Zusammensetzung der Gebirgsarten modifiziert, ähnliche Formen hervor. Auch die von Hoffmann, Buckland, Murchison und Thurmann beschriebenen Ring- und Kesselthäler (valleys of elevation) im Sedimentgestein des nördlichen Deutschlands, in Herefordshire und dem Juragebirge von Porrentruy hängen mit den hier beschriebenen Erscheinungen zusammen, wie, doch in geringerem Maße der Analogie, einige von allen Seiten durch Bergmassen eingeschlossene Hochebenen der Kordilleren,

in denen die Städte Caxamarca (8784 Fuß = 2853 m), Bogota (8190 Fuß = 2660 m) und Mexiko (7008 Fuß = 2276 m) liegen, wie im Himalaya das Kesselthal von Kaschmir (5460 Fuß = 1774 m).

Minder mit den Erhebungskratern verwandt als mit der oben geschilderten einfachsten Form vulkanischer Thätigkeit (der Wirkung aus bloßen Spalten) sind unter den erloschenen Vulkanen der Eifel die zahlreichen Maare, kesselförmige Einsenkungen in nicht vulkanischem Gestein (devonischem Schiefer) und von wenig erhabenen Rändern umgeben, die sie selbst gebildet. „Es sind gleichsam Minentrichter, Zeugen minenartiger Ausbrüche," welche an das von mir beschriebene sonderbare Phänomen der bei dem Erdbeben von Riobamba (4. Februar 1797) auf den Hügel de la Culca[50] geschleuderten menschlichen Gebeine erinnern. Wenn einzelne nicht sehr hoch liegende Maare, in der Eifel, in der Auvergne, oder auf Java, mit Wasser gefüllt sind, so mögen in diesem Zustande solche ehemalige Explosionskrater mit dem Namen cratères-lacs belegt werden, aber als eine synonyme Benennung für Maar sollte das Wort, glaube ich, nicht im allgemeinen genommen werden, da auf den Gipfeln der höchsten Vulkane, auf wahren Erhebungskegeln, in erloschenen Kratern, z. B. auf dem mexikanischen Vulkan von Toluca in 11490 Fuß (3732 m) und auf dem kaukasischen Elbrus in 18500 Fuß (6010 m) Höhe, kleine Seen von mir und Abich gefunden worden sind. Man muß bei den Eifeler Vulkanen zwei Arten der vulkanischen Thätigkeit, sehr ungleichen Alters, sorgfältig voneinander unterscheiden: die Lavaströme entsendenden eigentlichen Vulkane und die schwächeren Ausbruchsphänomene der Maare. Zu den ersteren gehören: der basaltische, olivinreiche, in aufrecht stehende Säulen gespaltene Lavastrom im Uesbachthale bei Bertrich, der Vulkan von Gerolstein, welcher in einem Dolomit enthaltenden, den devonischen Grauwackenschiefern muldenförmig eingelagerten Kalkstein seinen Sitz hat, und der lange Rücken des Mosenberges (1645 Fuß = 532 m über dem Meere) unweit Bettenfeld, westlich von Manderscheid. Der letztgenannte Vulkan hat drei Krater, deren erster und zweiter, die nördlichsten, vollkommen rund und auf dem Boden mit Torfmooren bedeckt sind, während aus dem dritten, südlichsten Krater ein mächtiger, rötlichbrauner, tiefer gegen das Thal der kleinen Kyll hin säulenförmig abgesonderter Lavastrom

herabfließt. Eine merkwürdige, lavagebenden Vulkanen im allgemeinen fremdartige Erscheinung ist es, daß weder am Mosenberge, noch am Gerolstein, noch in anderen eigentlichen Vulkanen der Eifel die Lavaausbrüche an ihrem Ursprunge von einer trachytischen Gebirgsart sichtbar umgeben sind, sondern, soweit sie der Beobachtnng zugänglich werden, unmittelbar aus den devonischen Schichten hervorkommen. Die Oberfläche des Mosenberges bezeugt gar nicht, was in der Tiefe verborgen ist. Die augithaltigen Schlacken, welche zusammenhängend in Basaltströme übergehen, enthalten kleine, gebrannte Schieferstücke, aber keine Spur von eingeschlossenem Trachyt. Die letzteren Einschlüsse sind auch nicht zu finden am Krater des Rodderberges, der doch der größten Trachytmasse der Rheingegend, dem Siebengebirge, so nahe ist.

„Die Maare scheinen," wie der Berghauptmann von Dechen scharfsinnig bemerkt, „in ihrer Bildung ziemlich derselben Epoche anzugehören, als die Ausbrüche der Lavaströme, der eigentlichen Vulkane. Beide liegen in der Nähe tiefeingeschnittener Thäler. Die lavagebenden Vulkane waren entschieden zu einer Zeit thätig, als die Thäler bereits sehr nahe ihre heutige Form erhalten hatten, auch sieht man die ältesten Lavaströme dieses Gebietes in die Thäler herabstürzen." Die Maare sind von Fragmenten devonischer Schiefer und von aufgeschüttetem grauem Sande und Tuffrändern umgeben. Der Laacher See, man mag ihn nun als ein großes Maar oder, wie mein vieljähriger Freund C. von Oeynhausen (gleich dem Becken von Wehr) als Teil eines großen Kesselthales im Thonschiefer betrachten, zeigt an dem ihn umgebenden Kranze einige vulkanische Schlackenausbrüche, so am Krufter Ofen, am Veitskopf und Laacher Kopf. Es ist aber nicht bloß der gänzliche Mangel von Lavaströmen, wie sie an dem äußeren Rande wirklicher Erhebungskrater oder ganz in ihrer Nähe auf den Kanarischen Inseln zu beobachten sind, es ist nicht die unbedeutende Höhe des Kranzes, der die Maare umgibt, welche dieselben von den Erhebungskratern unterscheiden, es fehlt den Rändern der Maare eine regelmäßige, als Folge der Hebung stets nach außen abfallende Gesteinsschichtung. Die in den devonischen Schiefer eingesenkten Maare erscheinen, wie schon oben bemerkt, als Minentrichter, in welche nach der gewaltsamen Explosion von heißen Gasarten und Dämpfen die ausgestoßenen lockeren Massen (Rapilli) größtenteils zurückgefallen sind. Ich nenne hier beispielsweise nur das Immerather, das

Pulver- und Meerfelder Maar. In der Mitte des ersteren, dessen trockener Boden in 200 Fuß (65 m) Tiefe kultiviert wird, liegen die beiden Dörfer Ober- und Unter-Immerath. Hier finden sich in dem vulkanischen Tuff der Umgebung, ganz wie am Laacher See, Gemenge von Feldspat und Augit als Kugeln, in welche Teilchen von schwarzem und grünem Glase eingesprengt sind. Aehnliche Kugeln von Glimmer, Hornblende und Augit, voll von Verglasungen, enthalten auch die Tuffkränze des Pulvermaares bei Gillenfeld, das aber gänzlich in einen tiefen See umgewandelt ist. Das regelmäßig runde, teils mit Wasser, teils mit Torf bedeckte Meerfelder Maar zeichnet sich so geognostisch durch die Nähe der drei Krater des großen Mosenberges aus, deren südlichster einen Lavastrom gegeben hat. Das Maar liegt jedoch 600 Fuß (195 m) tiefer, als der lange Rücken des Vulkanes und an seinem nördlichen Ende, auch nicht in der Achse der Kraterreihe, mehr in Nordwesten. Die mittlere Höhe der Eifeler Maare über der Meeresfläche fällt zwischen 865 Fuß = 281 m (Laacher See?) und 1490 Fuß = 584 m (Moosbrucher Maar).

Da hier besonders der Ort ist, darauf aufmerksam zu machen, wie gleichmäßig und übereinstimmend in der stoffartig produzierenden Wirksamkeit die vulkanische Thätigkeit sich bei den verschiedensten Formen des äußersten Gerüstes (als Maaren, als umwallten Erhebungskratern, oder am Gipfel geöffneten Kegeln) zeigt, so erwähne ich der auffallenden Reichhaltigkeit von kristallisirten Mineralien, welche die Maare bei ihrer ersten Explosion ausgestoßen haben und die jetzt zum Teil in den Tuffen vergraben liegen. In der Umgegend des Laacher Sees ist diese Reichhaltigkeit allerdings am größten; aber auch andere Maare, z. B. das Immerather und das an Olivinkugeln reiche Meerfelder enthalten ausgezeichnete kristallinische Massen. Wir nennen hier: Zirkon, Hauyn, Leuzit,[51] Apatit, Nosean, Olivin, Augit, Rhyakolith, gemeinen Feldspat (Orthoklas), glasigen Feldspat (Sanidin), Glimmer, Sodalit, Granat und Titaneisen. Wenn die Zahl der schönen kristallisirten Mineralien am Vesuv so vielmal größer ist (Scacchi zählt deren 43 Arten), so darf man nicht vergessen, daß sehr wenige derselben vom Vesuv ausgestoßen werden, und daß die größere Zahl dem Teile der sogenannten Auswürflinge des Vesuvs angehört, die nach Leopold von Buchs Meinung[52] „dem Vesuv gänzlich fremd, einer

weit über Capua hinaus verbreiteten Tuffbedeckung beizuzählen sind, welche von dem aufsteigenden Kegel des Vesuvs mit emporgehoben wurde und wahrscheinlich das Erzeugnis einer submarinen, tief im Inneren verborgenen, vulkanischen Wirkung gewesen ist".

Gewisse bestimmte Richtungen der verschiedenartigen Erscheinungen vulkanischer Thätigkeit sind auch in der Eifel nicht zu verkennen. „Die Lavaströme erzeugenden Ausbrüche der hohen Eifel liegen auf einer Spalte, fast 7 Meilen (52 km) lang, von Bertrich bis zum Goldberg bei Ormond, von Südost nach Nordwest gerichtet; dagegen folgen die Maare von dem Meerfelder an bis Mosbruch und zum Laacher See hin einer Richtungslinie von Südwest gegen Nordost. Die beiden angegebenen Hauptrichtungen schneiden sich in den drei Maaren von Daun. In der Umgegend des Laacher Sees ist nirgends Trachyt an der Oberfläche sichtbar. Auf das Vorkommen dieser Gebirgsart in der Tiefe weisen nur hin die eigentümliche Natur des ganz feldspatartigen Laacher Bimssteines, wie die ausgeworfenen Bomben von Augit und Feldspat. Sichtbar sind aber Eifeler Trachyte, aus Feldspat und großen Hornblendekristallen zusammengesetzt, nur zwischen Basaltberge verteilt, so im Sellberg (1776 Fuß = 577 m) bei Quiddelbach, in der Anhöhe von Struth bei Kelberg und in dem wallartigen Bergzuge von Reimerath bei Boos."

Nächst den liparischen und Ponzainseln haben wohl wenige Teile von Europa eine größere Masse von Bimsstein hervorgebracht, als diese Gegend Deutschlands, welche bei verhältnismäßig geringer Erhebung so verschiedene Formen vulkanischer Thätigkeit in Maaren (cratères d'explosion), Basaltbergen und Lava ausstoßenden Vulkanen darbietet. Die Hauptmasse des Bimssteines liegt zwischen Nieder-Mendig und Sorge, Andernach und Rübenach; die Hauptmasse des Ducksteines oder Traß (eines durch Wasser abgesetzten, sehr neuen Konglomerates) liegt im Brohlthale, von seiner Mündung in den Rhein aufwärts bis Burgbrohl, bei Plaidt und Kruft. Die Traßformation des Brohlthales enthält, neben Fragmenten von Grauwackenschiefer und Holzstücken, Bimssteinbrocken, die sich durch nichts von dem Bimsstein unterscheiden, welcher die oberflächliche Bedeckung der Gegend, ja auch die des Ducksteines selbst ausmacht. Ich habe immer, trotz einiger Analogieen, welche die Kordilleren darzubieten scheinen, daran

gezweifelt, daß man den Traß Schlammausbrüchen aus Lava gebenden Eifeler Vulkanen zuschreiben könne. Ich vermute vielmehr mit H. von Dechen, daß der Bimsstein trocken ausgeworfen wurde, und daß der Traß sich nach Art anderer Konglomerate bildete. „Der Bimsstein ist dem Siebengebirge fremd, und der große Bimssteinausbruch der Eifel, dessen Hauptmasse noch über dem Löß liegt und in einzelnen Teilen mit demselben abwechselt, mag, nach der Vermutung, zu welcher die Lokalverhältnisse führen, im Rheinthale oberhalb Neuwied, in dem großen Neuwieder Becken, vielleicht nahe bei Urmits auf der linken Seite des Rheins stattgefunden haben. Bei der Zerreiblichkeit des Stoffes mag die Ausbruchstelle durch die spätere Einwirkung des Rheinstromes spurlos verschwunden sein. In dem ganzen Striche der Eifeler Maare wie in dem der Eifeler Vulkane von Bertrich bis Ormond wird kein Bimsstein gefunden. Der des Laacher Sees ist auf dessen Randgebirge beschränkt, und an den übrigen Maaren gehen die kleinen Stücke von Feldspatgestein, die im vulkanischen Sande und Tuff liegen, nicht in Bimsstein über."

Wir haben bereits oben die Altersverhältnisse der Maare und der von ihnen so verschiedenen Ausbrüche der Lavaströme zu der Thalbildung berührt. „Der Trachyt des Siebengebirges scheint viel älter als die Thalbildung, sogar älter als die rheinische Braunkohle. Sein Hervortreten ist der Aufreißung des Rheinthales fremd gewesen, selbst wenn man dieses Thal einer Spaltenbildung zuschreiben wollte. Die Thalbildung ist wesentlich jünger als die rheinische Braunkohle, jünger als der meiste rheinische Basalt, dagegen älter als die vulkanischen Ausbrüche mit Lavaströmen, älter als der große Bimssteinausbruch und der Traß. Basaltbildungen reichen bestimmt bis in eine jüngere Zeit hinein als die Trachytbildung, und die Hauptmasse des Basaltes ist daher für jünger als der Trachyt anzusehen. An den jetzigen Gehängen des Rheinthales wurden viele Basaltgruppen (Unkeler Steinbruch, Rolandseck, Godesberg) erst durch die Thaleröffnung bloßgelegt, da sie wahrscheinlich bis dahin im devonischen Grauwackengebirge eingeschlossen waren."

Die Infusorien, deren durch Ehrenberg erwiesene, so allgemeine Verbreitung auf den Kontinenten, in den größten Tiefen des Meeres wie in den hohen Schichten des Luftkreises zu den glänzendsten Entdeckungen unseres Zeitalters

gehört, haben in der vulkanischen Eifel ihren Hauptsitz in den Rapillen, Traßschichten und Bimssteinkonglomeraten. Kieselschalige Organismen füllen das Brohlthal und die Auswürflinge von Hochsimmern; bisweilen sind sie im Traß mit unverkohlten Zweigen von Koniferen vermengt. Dies ganze kleine Leben ist nach Ehrenberg ein Süßwassergebilde, und nur ausnahmsweise zeigen sich in der obersten Ablagerung von dem zerreiblichen, gelblichen Löß am Fuße und an den Abhängen des Siebengebirges (auf die brakische vormalige Küstennatur hindeutend) Polythalamien des Meeres.[53]

Ist das Phänomen der Maare auf das westliche Deutschland beschränkt? Graf Montlosier, der die Eifel durch eigene Beobachtungen von 1819 kannte und den Mosenberg für einen der schönsten Vulkane erkennt, den er je gesehen, zählt (wie Rozet) zu den Maaren oder Explosionskratern den Gouffre de Tazenat, den Lac Pavir und Lac de la Godivel in der Auvergne. Sie sind in sehr verschiedenartigen Gebirgsarten, in Granit, Basalt und Domit (Trachytgestein), eingeschnitten, an den Rändern mit Schlacken und Rapilli umgeben.[54]

Die Gerüste, welche eine mächtigere Ausbruchthätigkeit der Vulkane durch Hebung des Bodens und Lavaerguß aufbaut, erscheinen wenigstens in sechsfacher Gestalt, und kehren in der Verschiedenheit dieser Gestaltung in den entferntesten Zonen der Erde wieder. Wer in vulkanischen Gegenden zwischen Basalt- und Trachytbergen geboren ist, fühlt sich oft heimisch da, wo dieselben Gestalten ihn anlächeln. Bergformen gehören zu den wichtigsten bestimmenden Elementen der Physiognomik der Natur; sie geben der Gegend, je nachdem sie sich mit Vegetation geschmückt oder in öder Nacktheit erheben, einen fröhlichen oder einen ernsten, großartigen Charakter. Ich habe ganz neuerlich versucht, in einem besonderen Atlas eine Zahl von Umrissen der Kordilleren von Quito und Mexiko, nach eigenen Zeichnungen entworfen, nebeneinander zu stellen. Wie der Basalt bald in kegelförmigen, am Gipfel etwas abgerundeten Kuppen, bald als nahe aneinander gereihte Zwillingsberge von ungleicher Höhe, bald als ein langer horizontaler Rücken, von einer höheren Kuppe an jeglichem Ende begrenzt, auftritt, so unterscheidet man vorzugsweise im Trachyt die majestätische Domform (Chimborazo, 20100 Fuß = 6529 m, neueren Messungen nach aber nur 6310 m), welche nicht mit der Form ebenfalls ungeöffneter, aber schlankerer Glockenberge zu verwechseln

ist. Die Kegelgestalt ist am vollkommensten im Cotopaxi (17712 Fuß = 5943 m) ausgeprägt, nächstdem im Popocatepetl [55] (16632 Fuß = 5420 m), wie er am schönen Ufer des Sees von Tezcuco oder von der Höhe der altmexikanischen Treppenpyramide von Cholula gesehen wird, und im Vulkan von Orizaba (16302 Fuß, nach Ferrer 16776 Fuß = 5450 m). Eine stark abgestumpfte Kegelform zeigt der Nevado de Cayambe-Urca (18170 Fuß = 5902 m), den der Aequator durchschneidet, wie der Vulkan von Tolima (17010 Fuß = 5584 m) am Fuße des Paramo de Quindiu, bei dem Städtchen Ibague, über dem Urwalde sichtbar. Einen langgestreckten Rücken bildet zum Erstaunen des Geognosten der Vulkan von Pichincha (14910 Fuß = 4787 m), an dessen einem wenig höheren Ende der weite, noch entzündete Krater liegt.

Durch große Naturbegebenheiten veranlaßte Einstürze von Kraterwänden oder Zerreißung derselben durch minenartige Explosion aus dem tiefen Inneren bringen in Kegelbergen sonderbare und kontrastierende Formen hervor: so die Spaltung in Doppelpyramiden von mehr oder minder regelmäßiger Art bei dem Carguairazo (14700 Fuß = 4774 m), plötzlich eingestürzt in der Nacht vom 19. Juli 1698, und bei den schönen Pyramiden von Iliniſſa (16362 Fuß = 5300 m); so eine Krenelierung der oberen Kraterwände, bei welcher zwei sehr gleichartige, gegeneinander anstrebende Hörner die primitive, vormalige Form ahnen lassen (Capac-Urcu, Cerro del Altar, jetzt nur von 16380 Fuß = 5320 m) Höhe. Es hat sich unter den Eingeborenen des Hochlandes von Quito, zwischen Chambo und Lican, zwischen den Gebirgen von Condorasto und Cuvillan, allgemein die Sage erhalten, daß der Gipfel des hier zuletzt genannten Vulkans 14 Jahre vor dem Einfall von Huayna Capac, dem Sohne des Inca Tupac Yupanqui, nach Ausbrüchen, die ununterbrochen 7 bis 8 Jahre dauerten, eingestürzt sei und das ganze Plateau, in welchem Neu-Riobamba liegt, mit Bimsstein und vulkanischer Asche bedeckt habe. Der Vulkan, ursprünglich höher als der Chimborazo, wurde in der Inca- oder Quichuasprache capac, der König oder Fürst der Berge (urcu) genannt, weil die Eingeborenen seinen Gipfel sich mehr über die untere Schneegrenze erheben sahen als bei irgend einem anderen Berge der Umgegend. [56] Der große Ararat, dessen Gipfel (16026 Fuß = 5206 m) Friedrich Parrot im Jahre 1829, Abich und Chodzko in den Jahren 1845 und 1850 erreicht haben, bildet,

wie der Chimborazo einen ungeöffneten Dom. Seine mächtigen Lavaströme sind tief unterhalb der Schneegrenze ausgebrochen. Ein wichtiger Charakter in der Gestaltung des Ararat ist ein Seitenschlund, der tiefe Ausschnitt des Jakobsthales, das man mit dem Val del Bove des Aetna vergleichen kann. In demselben wird, nach Abichs Beobachtung, erst recht eigentlich die innere Struktur von dem Kerne des trachytischen Glockenberges sichtbar, da dieser Kern und die Erhebung des ganzen Ararats um vieles älter sind als die Lavaströme. Der Kasbek und Tschegem, welche auf demselben kaukasischen Hauptbergrücken (OSO bis WNW) ausgebrochen sind als der Elbrus (18500 Fuß = 6009 m), sind ebenfalls Kegel ohne Gipfelkrater, während der kolossale Elbrus auf seinem Gipfel einen Kratersee trägt.

Da Kegel- und Domformen in allen Weltgegenden bei weitem die häufigsten sind, so ist, wie vereinzelt in der Gruppe der Vulkane von Quito, um desto merkwürdiger der lange Rücken des Vulkanes von Pichincha. Ich habe mich mit seiner Gestaltung lange und sorgfältig beschäftigt, und neben seiner auf viele Winkelmessungen gegründeten Profilansicht auch eine topographische Skizze seiner Querthäler veröffentlicht. Pichincha bildet eine über 2 geographische Meilen (15 km) lange Mauer von schwarzem Trachytgestein (zusammengesetzt aus Augit und Oligoklas), auf einer Spalte in der westlichsten, der Südsee nahen Kordillere gehoben, ohne daß die Achse des hohen Bergrückens mit der der Kordillere der Richtung nach zusammentrifft. Auf dem Rücken der Mauer folgen, kastellartig aufgesetzt, von SW gen NO die drei Kuppen: Cuntur-guachana, Guagua-Pichincha (das Kind des alten Vulkanes) und el Picacho de los Ladrillos. Der eigentliche Feuerberg (Vulkan) wird der Vater oder Alte, Rucu-Pichincha, genannt. Er ist der einzige Teil des langen Bergrückens, welcher in die ewige Schneeregion reicht, also sich zu einer Höhe erhebt, welche die Kuppe von Guagua-Pichincha, dem Kinde, etwa um 180 Fuß (58,5 m) übersteigt. Drei turmartige Felsen umgeben den ovalen Krater, der etwas südwestlicher, also außerhalb der Achsenrichtung einer im Mittel 14706 Fuß (4787 m) hohen Mauer liegt. Ich bin auf den östlichsten Felsturm im Frühjahre 1802 allein mit dem Indianer Felipe Aldas gelangt. Wir standen dort am äußersten Kraterrande, ungefähr 2300 Fuß (747 m) hoch über dem Boden des entzündeten Schlundes. Sebastian Wisse, welchem

während seines langen Aufenthaltes in Quito die physikalischen Wissenschaften so viele interessante Beobachtungen verdanken, hat die Kühnheit gehabt, im Jahre 1845 mehrere Nächte in einem Teile des Kraters von Rucu-Pichincha zuzubringen, wo das Thermometer gegen Sonnenaufgang 2° unter den Nullpunkt fiel. Der Krater ist durch einen mit verglasten Schlacken bedeckten Felskamm in zwei Teile geteilt. Der östliche liegt über tausend Fuß tiefer als der westliche, und ist jetzt der eigentliche Sitz vulkanischer Thätigkeit. Dort erhebt sich ein Auswurfskegel von 250 Fuß (81 m) Höhe. Er wird von mehr als 70 entzündeten, Schwefeldampf ausstoßenden Fumarolen umgeben. Aus diesem kreisrunden, östlichen Krater, der jetzt an den minder warmen Stellen mit Stauden schilfartiger Gräser und einer bromelienblättrigen Pourretia bedeckt ist, sind wahrscheinlich die feurigen Schlacken-, Bimsstein- und Aschenauswürfe des Rucu-Pichincha von 1539, 1560, 1566, 1577, 1580 und 1660 erfolgt. Die Stadt Quito war damals oft tagelang durch die fallenden staubartigen Rapilli in tiefe Finsternis gehüllt.

Zu der selteneren Gestaltungsklasse der Vulkane, welche langgestreckte Rücken bilden, gehören in der Alten Welt: der Galungung, mit einem großen Krater, im westlichen Teile von Java, die Doleritmasse des Schiwelutsch auf Kamtschatka, eines Kettengebirges, auf dessen Kamme sich einzelne Kuppen bis zu der Höhe von 9540 Fuß (3096 m) erheben, der Hekla, von der Nordwestseite, in normaler Richtung auf die Haupt- und Längenspalte gesehen, über der er hervorgebrochen ist, als ein breiter, mit verschiedenen kleinen Hörnern versehener Gebirgszug. Seit den letzten Eruptionen von 1845 und 1846, die einen Lavastrom von 2 geogr. Meilen (15 km) Länge und an einigen Stellen von ½ Meile (3,7 km) Breite, dem Aetnastrome von 1669 vergleichbar, gegeben haben, liegen auf dem Rücken des Hekla in einer Reihe fünf kesselförmige Krater. Da die Hauptspalte Nord 65° Ost gerichtet ist, so erscheint der Vulkan, von Selsundsfjäll, d. h. von der Südwestseite, also im Querschnitt gesehen, als ein spitziger Kegelberg.

Wie die Gestalten der Feuerberge so auffallend verschieden sind (Cotopaxi und Pichincha), ohne daß die ausgestoßenen Stoffe und die chemischen Prozesse des tiefen Inneren sich ändern, so ist die relative Stellung der Erhebungskegel bisweilen noch sonderbarer. Auf Luzon, in der Inselgruppe der

Philippinen, erhebt sich der noch thätige Vulkan von Taal, dessen zerstörendster Ausbruch der vom Jahre 1754 war, mitten in einem von Krokodilen bewohnten großen See (Laguna de Bombon genannt). Der Kegel, der auf der Kotzebueschen Entdeckungsreise erstiegen ward, hat einen Kratersee, aus welchem wiederum ein Ausbruchkegel mit einem zweiten Krater aufsteigt.[57] Diese Beschreibung erinnert unwillkürlich an Hannos Reisejournal, in dem einer Insel gedacht wird, einen kleinen See einschließend, aus dessen Mitte sich eine zweite Insel erhebt. Das Phänomen soll zweimal vorkommen, einmal im Golf des westlichen Hornes, und dann in der Bai der Gorillasaffen, an der westafrikanischen Küste. So individuelle Schilderungen möchte man auf wirkliche Naturbeobachtung gegründet glauben!

Die kleinste und größte Höhe der Punkte, in denen die vulkanische Thätigkeit des Inneren der Erde sich an der Oberfläche permanent wirksam zeigt, ist eine hypsometrische Betrachtung, die für die physische Erdbeschreibung das Interesse gewährt, welches allen sich auf die Reaktion des flüssigen Inneren der Planeten gegen ihre Oberfläche beziehenden Thatsachen eigen ist. Das Maß der hebenden Kraft offenbart sich allerdings in der Höhe vulkanischer Kegelberge, aber über den Einfluß der Höhenverhältnisse auf Frequenz und Stärke der Ausbrüche ist nur mit vieler Vorsicht ein Urteil zu fällen. Einzelne Kontraste gleichartiger Wirkungen in Frequenz und Stärke bei sehr hohen oder sehr niedrigen Vulkanen können hier nicht entscheiden, und von den mehreren Hunderten thätiger Vulkane, welche man auf den Kontinenten und den Inseln voraussetzt, ist die Kenntnis noch so überaus unvollständig, daß die einzig entscheidende Methode, die der Mittelzahlen, noch nicht angewendet werden kann. Auch würden solche Mittelzahlen, wenn sie das bestimmte Resultat geben sollten, in welcher Höhenklasse der Erhebungskegel sich eine schnellere Wiederkehr der Eruptionen offenbare, noch immer Raum zu dem Zweifel übrig lassen, daß neben der Höhe, d. h. der Entfernung von dem vulkanischen Herde, die unberechenbaren Zufälligkeiten in dem sich schwerer oder leichter verstopfenden Spaltennetze wirken. Das Phänomen ist also in Hinsicht auf den Kausalzusammenhang ein unbestimmtes.

Vorsichtig bei dem Thatsächlichen verweilend, da wo die Komplikation der Naturerscheinungen und der Mangel der

historischen Nachrichten über die Zahl der Ausbrüche im Laufe der Jahrhunderte das Auffinden des Gesetzlichen noch nicht erlaubt haben, begnüge ich mich, für die vergleichende Hypsometrie der Vulkane fünf Gruppen aufzustellen, in denen die Höhenklassen durch eine kleine aber sichere Zahl von Beispielen charakterisiert sind. Ich habe in diesen 5 Gruppen nur isoliert sich erhebende, mit noch entzündeten Gipfelkratern versehene Kegelberge aufgeführt, also eigentliche, jetzt noch thätige Vulkane, nicht ungeöffnete Glockenberge, wie der Chimborazo. Alle Eruptionskegel, die von einem nahen Vulkan abhängig sind oder, fern von demselben, wie auf der Insel Lancerote und im Arso am Epomeo auf Ischia keinen permanenten Zusammenhang des Inneren mit dem Luftkreise bewahrt haben, bleiben hier ausgeschlossen. Nach dem Zeugnis des eifrigsten Forschers über die Vulkanizität des Aetna, Sartorius von Waltershausen, wird dieser Vulkan von fast 700 größeren und kleineren Ausbruchkegeln umgeben. Da die gemessenen Höhen der Gipfel sich auf das Niveau des Meeres, der jetzigen flüssigen Oberfläche des Planeten, beziehen, so ist es wichtig, hier daran zu erinnern, daß Inselvulkane, von denen einige nicht 1000 Fuß (320 m) (wie der von Horner und Tilesius beschriebene japanische Vulkan Kosima[58] am Eingange der Tsugarstraße), andere, wie der Pik von Teneriffa,[59] mehr als 11500 Fuß (3726 m) über den Meeresspiegel hervorragen, sich durch vulkanische Kräfte über einen Meeresgrund erhoben haben, der oft 20000 Fuß (6500 m), ja einmal über 43000 Fuß (14 km) Tiefe unter der jetzigen Meeresoberfläche gefunden worden ist. Um eine Täuschung in numerischen Verhältnissen zu vermeiden, ist auch dieser Erinnerung hinzuzufügen, daß, wenn für die Vulkane auf den Kontinenten Unterschiede der ersten und vierten Klasse, also in Vulkanen von 1000 und 18000 Fuß (320 und 5850 m), sehr beträchtlich scheinen, das Verhältnis dieser Zahlen ganz verändert wird, wenn man (nach Mitscherlichs Versuchen über den Schmelzgrad des Granites und nach der nicht ganz wahrscheinlichen Hypothese über die mit der Tiefe in arithmetischer Progression gleichmäßig zunehmenden Wärme) die obere Grenze des geschmolzenen Inneren der Erde etwa zu 114000 Fuß (35 km) unter dem jetzigen Meeresspiegel annimmt. Bei der durch Verstopfung vulkanischer Spalten sich so mächtig vermehrenden Spannung elastischer Dämpfe sind die Höhenunterschiede der bisher gemessenen Vulkane wohl nicht beträchtlich

genug, um als ein Hindernis angesehen zu werden für das Gelangen der Lava und anderer dichter Massen zur Kraterhöhe.

Hypsometrie der Vulkane.

Erste Gruppe, von 700 bis 4000 Par. Fuß (230 bis 1300 m) Höhe.

Der Vulkan der japanischen Insel Kosima, südlich von Jesso: 700 Fuß (227 m) nach Horner.

Der Vulkan der liparischen Insel Volcano: 1224 Fuß (397 m) nach Fr. Hoffmann.[60]

Gunung Api (bedeutend Feuerberg in der malaiischen Sprache), der Vulkan der Insel Banda: 1828 Fuß 594 m).

Der, erst im Jahre 1770 aufgestiegene, fast ununterbrochen speiende Vulkan von Izalco im Staate San Salvador (Central-Amerika): 2000 Fuß (650 m) nach Squier.

Gunung Ringgit, der niedrigste Vulkan von Java: 2200 Fuß (714 m) nach Junghuhn.[61]

Stromboli: 2775 Fuß (901 m) nach Fr. Hoffmann.

Vesuv, die Rocca del Palo, am höchsten nördlichen Kraterrande; das Mittel meiner beiden Barometermessungen[62] von 1805 und 1822 gibt 3750 Fuß (1218 m).

Der in der mexikanischen Hochebene am 29. September 1759 ausgebrochene Vulkan von Jorullo: 4002 Fuß (1300 m).

Zweite Gruppe, von 4000 bis 8000 Par. Fuß (1300 bis 2600 m) Höhe.

Mont Pelé de la Martinique: 4416 Fuß (1434 m) nach Dupuget.

Soufrière de la Guadeloupe: 4567 Fuß (1482 m) nach Charles Deville.

Gunung Lamongan im östlichsten Teile von Java: 5010 Fuß (1627 m) nach Junghuhn.

Gunung Tengger, von allen Vulkanen Javas der, welcher den größten Krater hat: Höhe am Eruptionskegel Bromo 7080 Fuß (2300 m) nach Junghuhn.

Vulkan von Osorno (Chile): 7083 Fuß (2301 m) nach Fitzroy.

Vulkan der Insel Pico[63] (Azoren): 7143 Fuß (2320 m) nach Kapitän Vidal.

Der Vulkan von der Insel Bourbon: 7507 Fuß (2438 m) nach Berth.

Dritte Gruppe, von 8000 bis 12 000 Par. Fuß (2600 bis 3900 m) Höhe.

Der Vulkan von Awatscha (Halbinsel Kamtschatka): nicht zu verwechseln[64] mit der etwas nördlicheren Strjeloschnaja Sopka, welche die englischen Seefahrer gewöhnlich den Vulkan von Awatscha nennen; 8360 Fuß (2716 m) nach Erman.

Vulkan von Antuco oder Antoïo (Chile): 8368 Fuß (2719 m) nach Domeyko.

Vulkan der kapverdischen Insel[65] Fogo: 8587 Fuß (2790 m) nach Charles Deville.

Vulkan Schiwelutsch (Kamtschatka): der nordöstlichste Gipfel 9898 Fuß (3096 m) nach Erman[66].

Aetna[67]: nach Smyth 10200 Fuß (3313 m).

Pik von Tenerifa: 11408 Fuß (3716 m) nach Charles Deville.[68]

Vulkan Gunung Semeru, der höchste aller Berge auf der Insel Java: 11480 Fuß[69] (3729 m) nach Junghuhns barometrischer Messung.

Vulkan Erebus, Br. 77° 32′, der nächste am Südpol: nach Sir James Roß 11603 Fuß (3769 m).

Vulkan Argäus[70] in Kappadokien, jetzt Erdschisch-Dagh, süd-süd-östlich von Kaisarieh: nach Peter von Tschichatschew 11823 Fuß (3840 m).

Vierte Gruppe, von 12000 bis 16000 Par. Fuß (3900 bis 5200 m) Höhe

Vulkan von Tuqueres,[71] in dem Hochlande der Provincia de los Pastos: nach Boussingault 12030 Fuß (3908 m).

Vulkan von Pasto[72]: nach Boussingault 12620 Fuß (4200 m).

Vulkan Mauna-roa[73]: nach Wilkes 12909 Fuß (4194 m).

Vulkan von Cumbal[74] in der Prov. de los Pastos: 14654 Fuß (4760 m) nach Boussingault.

Vulkan Kljutschewsk[75] (Kamtschatka): nach Erman 14790 Fuß (4804 m).

Vulkan Rucu-Pichincha: nach barometrischen Messungen von Humboldt 14940 Fuß (4853 m).

Vulkan Tunguragua: nach einer trigonometrischen Messung[76] von Humboldt 15473 Fuß (5030 m).

Vulkan von Puracé[77] bei Popayan: 15957 Fuß (5184 m) nach José Caldas.

Fünfte Gruppe, von 16000 bis mehr als 20000 Par. Fuß (5200 bis 6500 m) Höhe.

Vulkan Sangay, süd-süd-östlich von Quito: 16068 Fuß (5219 m) nach Bouguer und La Condamine.[78]

Vulkan Popocatepetl[79]: nach einer trigonometrischen Messung von Humboldt 16632 Fuß (5420 m).

Vulkan von Orizaba[80]: nach Ferrer 16776 Fuß (5450 m).

Eliasberg[81] (Westküste Nordamerikas): nach den Messungen von Quadra und Galiano 16750 Fuß (5441 m).

Vulkan von Tolima[82]: nach einer trigonometrischen Messung von Humboldt 17010 Fuß (5584 m).

Vulkan von Arequipa[83]: nach einer trigonometrischen Messung von Dolley 17714 Fuß? (5755 m).

Vulkan Cotopaxi[84]: 17712 Fuß (5943 m) nach Bouguer.

Vulkan Sahama (Bolivia)[85]: nach Pentland 20970 Fuß (6812 m).

Der Vulkan, mit welchem die fünfte Gruppe endigt, ist mehr denn zweimal so hoch als der Aetna, fünfundeinhalbmal so hoch als der Vesuv. Die Stufenleiter der Vulkane, die ich aufgestellt, von den niedrigen Maaren anhebend (Minentrichtern ohne Gerüste, die Olivinbomben, von halbgeschmolzenen Schieferstücken umgeben, ausgeworfen haben) und bis zu dem noch entzündeten, 21000 Fuß (6800 m) hohen Sahama aufsteigend, hat uns gelehrt, daß es keinen notwendigen Zusammenhang zwischen dem Maximum der Erhebung, dem geringeren Maße der vulkanischen Thätigkeit und der Natur der sichtbaren Gebirgsart gibt. Beobachtungen, die auf einzelne Länder beschränkt bleiben, können hier leicht zu irrigen Annahmen verleiten. In dem Teile von Mexiko z. B., welcher in der heißen Zone liegt, sind alle mit ewigem Schnee bedeckten Berge, d. h. die Kulminationspunkte des ganzen Landes, allerdings Vulkane, ebenso ist es meist in den Kordilleren von Quito, wenn man die glockenförmigen, im Gipfel nicht geöffneten Trachytberge (den Chimborazo und Corazon) den Vulkanen beigesellen will, dagegen sind in der östlichen Andeskette von Bolivia die Maxima der Gebirgshöhen völlig unvulkanisch. Die Nevados von Sorata (19974 Fuß = 6523 m) und Illimani (19843 Fuß = 6445 m) bestehen aus Grauwackenschiefern, die von Porphyrmassen[86] durchbrochen sind, und in denen sich (als Zeugen dieses Durchbruches) Fragmente von Schiefer eingeschlossen finden. Auch in der östlichen Kordillere von Quito, südlich vom Parallel von 1° 35′, sind die den Trachyten gegenüber liegenden, ebenfalls in die Region des ewigen Schnees eintretenden, hohen Gipfel (Condorasto, Cuvillan und die Collanes) Glimmerschiefer und Gestellstein. Nach dem, was wir bis jetzt durch die verdienstvollen Arbeiten von Brian, H. Hodgson, Jaquemont, Joseph Dalton, Hooker, Thomson und Henry Strachey von der mineralogischen Beschaffenheit der größten Höhen des Himalaya wissen, scheinen ebenfalls in diesen die ehemals sogenannten uranfänglichen Gebirgsarten, Granit, Gneis und Glimmerschiefer, aber keine Trachytformationen,

sichtbar zu werden. Pentland hat in Bolivia Muschelversteinerungen in den silurischen Schiefern am Nevado de Antacaua, 16400 Fuß (5327 m) über dem Meere, zwischen la Paz und Potosi, gefunden. Die ungeheure Höhe, zu welcher nach dem Zeugnis der von Abich aus dem Daghestan, von mir aus den peruanischen Kordilleren (zwischen Guambos und Montan) gesammelten Petrefakten die Kreideformation gehoben ist, erinnert recht lebhaft daran, daß unvulkanische Sedimentschichten, voll organischer Reste, nicht zu verwechseln mit vulkanischen Tuffschichten, sich da zeigen, wo weit umher Melaphyre, Trachyte, Dolerite und anderes Pyroxengestein, denen man die hebenden, treibenden Kräfte zuschreibt, in der Tiefe versteckt bleiben. In wie unermeßlichen Strecken der Kordilleren und ihrer östlichen Umgebung ist keine Spur der ganzen Granitformation sichtbar!

Da, wie ich schon mehrmals bemerkt, die Frequenz der Ausbrüche eines Vulkanes von mehrfachen und sehr verwickelten Ursachen abzuhängen scheint, so ist über das Verhältnis der absoluten Höhe zu der Häufigkeit und dem Maße der erneuerten Entflammung mit Sicherheit kein allgemeines Gesetz aufzustellen. Wenn in einer kleinen Gruppe die Vergleichung von Stromboli, dem Vesuv und dem Aetna verleiten kann zu glauben, daß die Anzahl der Eruptionen der Höhe der Vulkane umgekehrt proportional sei, so stehen andere Thatsachen mit diesem Satze in geradem Widerspruche. Sartorius von Waltershausen, der sich um die Kenntnis des Aetna so verdient gemacht hat, bemerkt, daß bei diesem im mittleren Durchschnitt, welchen die letzten Jahrhunderte geben, von sechs zu sechs Jahren ein Ausbruch zu erwarten ist, während daß auf Island, wo eigentlich kein Teil der Insel gegen Zerstörung durch unterseeische Glut gesichert ist, an dem 5400 Fuß = 1750 m niedrigeren Hekla die Eruptionen nur alle 70 bis 80 Jahre beobachtet werden. Die Gruppe der Vulkane von Quito bietet einen noch viel auffallenderen Kontrast dar. Der 16000 Fuß (5200 m) hohe Vulkan von Sangay ist um vieles thätiger als der kleine Kegelberg Stromboli (2775 Fuß = 901 m); er ist unter allen bekannten Vulkanen der, welcher in jeder Viertelstunde die meisten feurigen, weitleuchtenden Schlackenauswürfe zeigt. Statt uns in Hypothesen über Kausalverhältnisse unzugänglicher Erscheinungen zu verirren, wollen wir lieber hier bei sechs Punkten der Erdfläche verweilen, welche in der Geschichte der vulkanischen Thätigkeit vorzugsweise

wichtig und lehrreich sind, bei Stromboli, bei der Chimära in Lykien, dem alten Vulkan von Masaya, dem sehr neuen von Izalco, dem Vulkan Fogo auf den Kapverdischen Inseln und dem kolossalen Sangay.

Die Chimära in Lykien und Stromboli, das alte Strongyle, sind die zwei feurigen Erscheinungen vulkanischer Thätigkeit, deren Permanenz, historisch erwiesen, auch am weitesten hinaufreicht. Der konische Hügel von Stromboli, ein Doleritgestein, ist zweimal höher als der Feuerberg auf Volcano (Hiera, Thermessa), dessen letzter großer Ausbruch sich im Jahre 1775 ereignete. Die ununterbrochene Thätigkeit des Stromboli wird von Strabo und Plinius mit der der Insel Lipari, der alten Meligunis, verglichen; „seiner Flamme“ aber, d. i. seinen ausgestoßenen Schlacken, „bei weniger Hitze eine größere Reinheit und Leuchtkraft“ zugeschrieben.[87] Die Zahl und Gestalt der kleinen Feuerschlünde ist sehr wechselnd. Spallanzanis lange für übertrieben gehaltene Darstellung des Kraterbodens ist von einem erfahreneren Geognosten, Friedrich Hoffmann, wie auch noch neuerlichst von einem scharfsinnigen Physiker, A. de Quatrefages, vollkommen bestätigt worden. Einer der rotglühenden Feuerschlünde hat eine Oeffnung von nur 20 Fuß (6,5 m) Durchmesser; es gleicht dieselbe dem Schachte eines hohen Ofens, und man sieht in ihr zu jeder Stunde, oben an dem Kraterrande gelagert, das Aufsteigen und Ueberwallen der flüssigen Lava. Die uralten, permanenten Ausbrüche des Stromboli dienen noch jetzt bisweilen zur Orientierung der Schiffenden, und durch Beobachtung der Richtung der Flamme und der aufsteigenden Dampfsäule, wie bei den Griechen und Römern, zu unsicherer Wetterprophezeiung. An die Mythe von des Aeolus frühestem Aufenthalte auf Strongyle, und mehr noch an Beobachtungen über das damals heftige Feuer auf Volcano (der „heiligen Insel des Hephästos“), knüpft Polybius, der eine sonderbar genaue Kenntnis von dem Zustand des Kraters verrät, die mannigfaltigen Kennzeichen einer nahen Windveränderung. Die Frequenz der Feuererscheinung hat in der neuesten Zeit einige Unregelmäßigkeit gezeigt. Die Thätigkeit des Stromboli ist, wie die des Aetna nach Sartorius von Waltershausen, am größten im November und in den Wintermonaten. Sie wird bisweilen durch einzelne Ruhepunkte unterbrochen, letztere sind aber, wie eine Erfahrung von vielen Jahrhunderten lehrt, von sehr kurzer Dauer.

Die Chimära in Lykien, welche der Admiral Beaufort so trefflich beschrieben und deren ich schon zweimal erwähnt habe,[88] ist kein Vulkan, sondern ein perpetuierlicher Feuerbrunnen, eine durch die vulkanische Thätigkeit des Erdinneren immerfort entzündete Gasquelle. Dieselbe hat vor wenigen Monaten ein talentvoller Künstler Albert Berg besucht, um diese in dem hohen Altertume (seit den Zeiten des Ktesias und Scylax aus Caryanda) schon berühmte Oertlichkeit malerisch aufzunehmen, und die Gebirgsarten zu sammeln, aus denen die Chimära ausbricht. Die Beschreibungen von Beaufort, Professor Edward Forbes und Lieutenant Spratt in den Travels in Lycia finden sich vollkommen bestätigt. Eine Eruptivmasse von Serpentingestein durchsetzt den dichten Kalkstein in einer Schlucht, die von Südost in Nordwest ansteigt. An dem nordwestlichen Ende dieser Schlucht ist der Serpentinstein durch einen in einen Bogen gekrümmten Kamm von Kalkfelsen abgeschnitten oder vielleicht bloß verdeckt. Die mitgebrachten Stücke sind teils grün und frisch, teils braun und im Zustande der Verwitterung. In beiden Serpentinen ist Diallag deutlich erkennbar.

Der Vulkan von Masaya,[89] dessen Ruf unter dem Namen der Hölle, el Infierno de Masaya, schon im Anfang des 16. Jahrhunderts weit verbreitet war und zu Berichten an Kaiser Karl V. Anlaß gab, liegt zwischen den beiden Seen Nicaragua und Managua, südwestlich von dem reizenden Indianerdorfe Nindiri. Er bot jahrhundertelang dasselbe seltene Phänomen dar, das wir am Vulkan von Stromboli beschrieben haben. Man sah vom Kraterrande aus, in dem rotglühenden Schlunde, die von Dämpfen bewegten, auf und nieder schlagenden Wellen flüssiger Lava. Der spanische Geschichtschreiber Gonzalez Fernando de Oviedo bestieg den Masaya zuerst im Juli 1529, und stellte Vergleichungen an mit dem Vesuv, welchen er früher (1501) in Begleitung der Königin von Neapel als ihr xefe de guardaropa besucht hatte. Der Name Masaya gehört der Chorotegasprache von Nicaragua an und bedeutet brennender Berg. Der Vulkan, von einem weiten Lavafelde (mal pays) umgeben, das er wahrscheinlich selbst erzeugt hat, wurde damals zu der Berggruppe der „neun brennenden Maribios“ gezählt. In dem gewöhnlichen Zustande, sagt Oviedo, steht die Oberfläche der Lava, auf welcher schwarze Schlacken schwimmen, mehrere hundert Fuß unter dem Kraterrande; bisweilen aber ist die

Aufwallung plötzlich so groß, daß die Lava fast den oberen Rand erreicht. Das perpetuierliche Lichtphänomen wird, wie Oviedo sich bestimmt und scharfsinnig ausdrückt, nicht durch eine eigentliche Flamme,[90] sondern durch von unten erleuchteten Dampf verursacht. Es soll von solcher Intensität gewesen sein, daß auf dem Wege vom Vulkan nach Granada, in mehr als drei leguas (20 km) Entfernung, die Erleuchtung der Gegend fast der des Vollmondes glich.

Acht Jahre nach Oviedo erstieg den Vulkan der Dominikanermönch Fray Blas del Castillo, welcher die alberne Meinung hegte, daß die flüssige Lava im Krater flüssiges Gold sei, und sich mit einem ebenso habsüchtigen Franziskanermönche aus Flandern, Fray Juan de Gandavo, verband. Beide, die Leichtgläubigkeit der spanischen Ankömmlinge benutzend, stifteten eine Aktiengesellschaft, um auf gemeinschaftliche Kosten das Metall zu erbeuten. Sie selbst, setzt Oviedo satirisch hinzu, erklären sich als Geistliche von allem pekuniären Zuschusse befreit. Der Bericht, welcher über die Ausführung dieses kühnen Unternehmens Fray Blas' del Castillo (dieselbe Person, die in den Schriften von Gomara, Benzoni und Herrera Fray Blas de Iñesta genannt wird) an den Bischof von Castilla del Oro, Thomas de Berlenga, erstattete, ist erst (1840) durch das Auffinden van Oviedos Schrift über Nicaragua bekannt geworden. Fray Blas, der früher als Matrose auf einem Schiffe gedient hatte, wollte die Methode nachahmen, mittels welcher, an Seilen über dem Meere hängend, die Einwohner der Kanarischen Inseln den Färbestoff der Orseille (Lichen Roccella) an schroffen Felsen sammeln. Es wurden monatelang oft geänderte Vorrichtungen getroffen, um vermittelst eines Drehhaspels und Krans einen mehr als 30 Fuß (10 m) langen Balken über dem tiefen Abgrunde hervortreten zu lassen. Der Dominikanermönch, das Haupt mit einem eisernen Helm bedeckt und ein Kruzifix in der Hand, wurde mit drei anderen Mitgliedern der Association herabgelassen; sie blieben eine ganze Nacht in diesem Teile des festen Kraterbodens, von dem aus sie mit irdenen Gefässen, die in einem eisernen Kessel standen, vergebliche Versuche zum Schöpfen des vermeinten flüssigen Goldes machten. Um die Aktionäre nicht abzuschrecken, kamen sie überein, zu sagen[91], wenn sie herausgezogen würden, sie hätten große Reichtümer gefunden, und die Hölle (el Infierno) von Masaya verdiente künftig el Paraiso de Masaya genannt zu werden. Die

Operation wurde später mehrmals wiederholt, bis der Governador der nahen Stadt Granada Verdacht des Betruges oder gar einer Defraudation des Fiskus schöpfte und „ferner sich an Seilen in den Krater hinabzulassen“ verbot. Dies geschah im Sommer 1538; aber 1551 erhielt dennoch wieder der Dekan des Kapitels von Leon, Juan Alvarez, die naive Erlaubnis von Madrid, „den Vulkan zu öffnen und das Gold zu gewinnen, welches er enthalte“. So fest stand der Volksglaube im 16. Jahrhundert! Mußten doch noch im Jahre 1822 in Neapel Monticelli und Covelli durch chemische Versuche erweisen, daß die am 28. Oktober ausgeworfene Asche des Vesuvs kein Gold enthalte!

Der Vulkan von Izalco, welcher an der Westküste Centralamerikas, 8 Meilen (60 km) nördlich von San Salvador und östlich von dem Hafen von Sonsonate, liegt, ist 11 Jahre später ausgebrochen als der Vulkan von Jorullo tief im Inneren des mexikanischen Landes. Beide Ausbrüche geschahen in einer kultivierten Ebene und nach mehrmonatlichen Erdbeben und unterirdischem Brüllen (bramidos). Es erhob sich im Llano de Izalco ein konischer Hügel, und mit seiner Erhebung begann aus dessen Gipfel ein Lavaerguß am 23. Februar 1770. Was bei schnell zunehmender Höhe der Erhebung des Bodens, was der Anhäufung von ausgeworfenen Schlacken, Asche und Tuffmasse zuzuschreiben sei, bleibt bis jetzt unentschieden; nur so viel ist gewiß, daß seit dem ersten Ausbruch der neue Vulkan, statt, wie der Jorullo, bald zu erlöschen, in ununterbrochener Thätigkeit geblieben ist und oft den Schiffern bei der Landung in der Bai von Acayutla als Leuchtturm dient. Man zählt in der Stunde vier feurige Eruptionen, und die große Regelmäßigkeit des Phänomens hat die wenigen genauen Beobachter desselben in Erstaunen gesetzt. Die Stärke der Ausbrüche war wechselnd, nicht aber die Zeit ihres jedesmaligen Eintretens. Die Höhe, welche der Vulkan von Izalco jetzt nach der letzten Eruption von 1825 erlangt hat, wird zu ohngefähr 1500 Fuß (487 m) geschätzt, fast gleich der Höhe, die der Vulkan von Jorullo über der ursprünglichen kultivierten Ebene erreicht; aber fast viermal höher als der Erhebungskrater (Monte Nuovo) in den Phlegräischen Feldern, welchem Scacchi[92] nach genauer Messung 405 Fuß (131 m) gibt. Die permanente Thätigkeit des Vulkanes von Izalco, welchen man lange als ein Sicherheitsventil für die Umgegend von San Salvador

betrachtete, hat die Stadt doch nicht vor der völligen Zerstörung in der Osternacht dieses Jahres (1854) bewahrt.

Die Kapverdische Insel, welche sich zwischen Santiago und Brava erhebt, hat früh von den Portugiesen den Namen Ilha do Fogo erhalten, weil sie, wie Stromboli von 1680 bis 1713 ununterbrochen Feuer gab. Nach langer Ruhe entzündete sich der Vulkan dieser Insel von neuem im Sommer des Jahres 1798, kurz nach dem letzten Seitenausbruch des Piks von Tenerifa im Krater von Chahorra, der irrig, als wäre er ein eigener Berg, der Vulkan von Chahorra genannt wird.

Der thätigste von allen Vulkanen Südamerikas, ja von allen, die ich hier einzeln aufgeführt habe, ist der Sangay, der auch Volcan de Macas genannt wird, weil die Reste dieser alten, in der ersten Zeit der Conquista volkreichen Stadt am Rio Upano nur 7 geogr. Meilen (52 km) südlicher liegen. Der kolossale Berg von 16068 Fuß (5219 m) Höhe, hat sich am östlichen Abhange der östlicheren Kordillere erhoben, zwischen zwei Systemen von Zuflüssen des Amazonenstromes, denen des Pastaza und des Upano. Das große, unvergleichbare Feuerphänomen, das er jetzt darbietet, scheint erst im Jahre 1728 begonnen zu haben. Bei der astronomischen Gradmessung von Bouguer und La Condamine (1738 bis 1740) diente der Sangay als ein perpetuierliches Feuersignal. Ich selbst hörte monatelang im Jahre 1802, besonders am frühen Morgen, seinen Donner in Chillo, dem anmutigen Landsitze des Marques de Selvalegre nahe bei Quito, wie ein halbes Jahrhundert früher Don Jorge Juan die ronquidos del Sangay etwas weiter nordöstlich, bei Pintac, am Fuße des Antisana,[93] vernommen hatte. In den Jahren 1842 und 1843, wo die Eruptionen mit dem meisten Getöse verbunden waren, hörte man dasselbe deutlichst nicht bloß im Hafen von Guayaquil, sondern auch weiter südlich längs der Südseeküste bis Payta und San Buenaventura, in einem Abstande wie Berlin von Basel, die Pyrenäen von Fontainebleau, oder London von Aberdeen. Wenn seit dem Anfange des jetzigen Jahrhunderts die Vulkane von Meriko, Neugranada, Quito, Bolivia und Chile von einigen Geognosten besucht worden sind, ist leider! der Sangay, der den Tunguragua an Höhe übertrifft, wegen seiner einsamen, von allen Kommunikationswegen entfernten Lage völlig vernachlässigt geblieben. Erst im Dezember 1849 hat ihn ein kühner und

kenntnisvoller Reisender, Sebastian Wisse, nach einem fünfjährigen Aufenthalte in der Andeskette, bestiegen, und ist fast bis zum äußersten Gipfel des mit Schnee bedeckten, steilen Kegels gelangt. Er hat sowohl die so wunderbare Frequenz der Auswürfe genau chronometrisch bestimmt, als auch die Beschaffenheit des auf einen so engen Raum eingeschränkten, den Gneis durchbrechenden Trachytes untersucht. Es wurden, wie schon oben bemerkt, 267 Eruptionen in 1 Stunde gezählt, jede dauernd im Mittel 13,4" und, was sehr auffallend ist, von keiner am Aschenkegel bemerkbaren Erschütterung begleitet. Das Ausgeworfene, in vielen Rauch von bald grauer, bald orangegelber Farbe gehüllt, ist der größeren Masse nach ein Gemenge von schwarzer Asche und Rapilli, aber teilweise sind es auch Schlacken, die senkrecht aufsteigen, in kugeliger Form und von einem Durchmesser von 15 bis 16 Zoll (40 bis 43 cm). In einem der stärkeren Auswürfe zählte Wisse als gleichzeitig ausgeworfen doch nur 50 bis 60 glühende Steine. Sie fallen meist wieder in den Krater zurück, bisweilen bedecken sie dessen oberen Rand, oder gleiten bei Nacht fern leuchtend, an einem Teile des Konus herab, was wahrscheinlich in großer Ferne bei La Condamine zu der irrigen Meinung von „einem Erguß brennenden Schwefels und Erdpeches" Veranlassung gab. Die Steine steigen einzeln nacheinander auf, so daß die einen im Herabfallen begriffen sind, während andere erst den Krater verlassen. Durch genaue Zeitbestimmung wurde der sichtbare Fallraum (also bis zum Kraterrande gerechnet) im Mittel nur 737 Fuß (240 m) bestimmt. Am Aetna gelangen die ausgeworfenen Steine, zufolge der Messungen von Sartorius von Waltershausen und dem Astronomen Dr. Christian Peters, bis zu 2500 Fuß (812 m) Höhe über den Kraterwänden. Gemellaros Schätzungen während der Aetnaeruption von 1832 gaben sogar eine dreifach größere Höhe! Die schwarze ausgeworfene Asche bildet am Abhange des Sangay und 3 Meilen (22 km) im Umkreise 3 bis 400 Fuß (100 bis 134 m) dicke Schichten. Die Farbe der Asche und der Rapilli gibt dem oberen Teile des Kegels einen furchtbar ernsten Charakter. Es ist hier noch einmal auf die kolossale Größe dieses Vulkanes, welche die des Stromboli sechsmal übertrifft, die Aufmerksamkeit zu richten, da diese Betrachtung dem absoluten Glauben, daß die niederen Feuerberge immer die häufigsten Ausbrüche haben, kräftig entgegentritt.

Mehr noch als die Gestalt und Höhe der Vulkane ist ihre Gruppierung wichtig, weil sie auf das große geologische Phänomen der Erhebung auf Spalten führt. Diese Gruppen, sie mögen nach Leopold von Buch in Reihen oder um einen Centralvulkan vereinigt aufgestiegen sein, bezeichnen die Teile der Erdrinde, wo der Ausbruch des geschmolzenen Inneren, sei es durch die mindere Dicke der Gesteinschichten, sei es durch ihre Naturbeschaffenheit oder ursprüngliche Zerklüftung, minderen Widerstand gefunden hat. Drei Breitengrade umfaßt der Raum, in dem die vulkanische Thätigkeit sich furchtbar äußert im Aetna, in den Aeolischen Inseln, im Vesuv und dem Brandlande (den Phlegräischen Feldern) von Puteoli (Dikäarchia) an bis Cumä und bis zum feuerspeienden Epomeus auf Ischia, der tyrrhenischen Affeninsel Aenaria. Ein solcher Zusammenhang analoger Erscheinungen konnte den Griechen nicht entgehen. Strabo sagt: „Das ganze von Cumä beginnende Meer bis Sizilien ist mit Feuer durchzogen und hat in der Tiefe gewisse, untereinander und mit dem Festlande sich in eins verbindende Hohlgänge.[94] Es zeigen sich in solcher (entzündlicher) Natur, wie ihn alle beschreiben, nicht nur der Aetna, sondern auch die Gegenden um Dikäarchia und Neapolis, um Bajä und Pithecusä;" daraus entstand die Fabel, daß Typhon unter Sizilien lagere und daß, wenn er sich kehre, Flammen und Gewässer hervorbrechen, ja zuweilen auch kleine Eilande mit siedendem Wasser. „Oftmals sind zwischen Strongyle und Lipara (in diesem weiten Bezirke) auf die Oberfläche des Meeres hervorbrechende Flammen gesehen worden, indem das Feuer aus den Höhlungen in der Tiefe sich einen Durchgang öffnete und mit Gewalt nach außen hervordrang." Im Pindar[95] ist der Körper des Typhon von solcher Ausdehnung, daß „Sizilien und die meerumgrenzten Höhen über Cumä (Phlegra, das Brandfeld genannt) auf der zottigen Brust des Untieres liegen."

So war Typhon (der tobende Enkelados) in der griechischen Volksphantasie die mythische Bezeichnung der unbekannten, tief im Inneren der Erde liegenden Ursache vulkanischer Erscheinungen. Durch seine Lage und Raumausfüllung wurden angedeutet: die Begrenzung und das Zusammenwirken einzelner vulkanischer Systeme. In dem phantasiereichen geologischen Bilde des Erdinneren, in der großen Weltanschauung, welche Plato im Phädon aufstellt (pag. 112 bis 114), wird dies Zusammenwirken noch kühner auf alle

vulkanische Systeme ausgedehnt. Die Lavaströme schöpfen ihr Material aus dem Pyriphlegethon, der, „nachdem er sich oftmals unter der Erde umhergewälzt“, in den Tartarus sich ergießt. Plato sagt ausdrücklich, „daß von dem Pyriphlegethon die feuerspeienden Berge, wo sich deren auf der Erde finden, kleine Teilchen heraufblasen (οὗτος δ'ἐστὶν ὃν ἐπονομάζουσι Πυριφλεγέθοντα, οὗ καὶ οἱ ῥύακες ἀποσπάσματα ἀναφυσῶσιν, ὅπη ἂν τύχωσι τῆς γῆς). Dieser Ausdruck (pag. 113B) des Herausstoßens mit Heftigkeit deutet gewissermaßen auf die bewegende Kraft des vorher eingeschlossenen, dann plötzlich durchbrechenden Windes, auf welche später der Stagirite in der Meteorologie seine ganze Theorie der Vulkanizität gegründet hat.

Nach diesen so uralten Ansichten sind bei der Betrachtung des ganzen Erdkörpers die Reihenvulkane noch bestimmter charakterisiert als die Gruppierungen um einen Centralvulkan. Am auffallendsten ist die Reihung da, wo sie von der Lage und Ausdehnung von Spalten abhängt, welche, meist untereinander parallel, große Landesstrecken linear (kordillerenartig) durchsetzen. Wir finden so im neuen Kontinent, um bloß die wichtigsten Reihen sehr nahe aneinander gedrängter Vulkane zu nennen, die von Centralamerika samt ihrem Anschlusse an Mexiko, von Neugranada und Quito, von Peru, Bolivia und Chile; im alten Kontinent die Sundainseln (den Südindischen Archipel, besonders Java), die Halbinsel Kamtschatka und ihre Fortsetzung in den Kurilen, die Aleuten, welche das festgeschlossene Beringsmeer südlich begrenzen. Wir werden bei einigen der Hauptgruppen verweilen. Einzelheiten leiten durch ihre Zusammenstellung auf die Gründe der Erscheinungen.

Die Reihenvulkane von Centralamerika, nach älteren Benennungen die Vulkane von Costarica, Nicaragua, San Salvador und Guatemala, erstrecken sich von dem Vulkan Turrialva bei Cartago bis zum Vulkan von Soconusco durch sechs Breitengrade, zwischen 10° 9′ und 16° 2′ in einer Linie, im ganzen von SO nach NW gerichtet, und mit den wenigen Krümmungen, die sie erleidet, eine Länge von 135 geogr. Meilen (1744 km) einnehmend. Diese Länge ist ungefähr gleich der Entfernung vom Vesuv bis Prag. Am meisten zusammengedrängt, wie auf einer und derselben nur 16 Meilen (118 km) langen Spalte ausgebrochen, sind die acht Vulkane, welche zwischen der Laguna de Managua und der Bai von

Fonseca liegen, zwischen dem Vulkan von Momotombo und dem von Conseguina, dessen unterirdisches Getöse in Jamaika und auf dem Hochlande von Bogota im Jahre 1835 wie Geschützfeuer gehört wurde. In Centralamerika und in dem ganzen südlichen Teile des neuen Kontinentes, ja im allgemeinen von dem Archipel de los Chonos in Chile bis zu den nördlichsten Vulkanen Edgecombe auf der kleinen Insel bei Sitka [96] und dem Eliasberg am Prinz Williamssund, in einer Länge von 1600 geogr. Meilen (11872 km) sind die vulkanischen Spalten überall in dem westlichen, dem Litorale der Südsee näheren Teile ausgebrochen. Wo die Reihe der Vulkane von Centralamerika unter der geographischen Breite von 13½° (nördlich vom Golf de Fonseca) bei dem Vulkan von Conchagua in den Staat von San Salvador eintritt, ändert sich auf einmal mit der Richtung der Westküste auch die der Vulkane. Die Reihe der letzteren streicht dann OSO—WNW; ja wo die Feuerberge wieder so aneinander gedrängt sind, daß fünf noch mehr oder minder thätige in der geringen Länge von 30 Meilen (220 km) gezählt werden, ist die Richtung fast ganz O—W. Dieser Abweichung entspricht eine große Anschwellung des Kontinentes gegen Osten in der Halbinsel Honduras, wo die Küste ebenfalls plötzlich vom Kap Gracias á Dios bis zum Golf von Amatique 75 Meilen (556 km) lang genau von Ost gegen West streicht, nachdem sie vorher in derselben Länge von Norden gegen Süden gerichtet war. In der Gruppe der hohen Vulkane von Guatemala (Br. 14° 10′) nimmt die Reihung wieder ihr altes Streichen N 45° W an, und setzt dasselbe fort bis an die mexikanische Grenze gegen Chiapas und den Isthmus von Huasacualco. Nordwestlich vom Vulkan von Soconusco bis zu dem von Tuxtla ist nicht einmal ein ausgebrannter Trachytkegel aufgefunden worden; es herrschen dort quarzreichster Granit und Glimmerschiefer.

Die Vulkane von Centralamerika krönen nicht die nahen Gebirgsketten, sie erheben sich längs dem Fuße derselben meist ganz voneinander getrennt. An den beiden äußersten Enden der Reihe liegen die größten Höhen. Gegen Süden, in Costarica, sind von dem Gipfel des Irasu (des Vulkans von Cartago) beide Meere sichtbar, wozu außer der Höhe (10395 Fuß) auch die mehr centrale Lage beiträgt. Im Südost von Cartago stehen Berge von 10000 bis 11000 Fuß: der Chiriqui (10567 Fuß = 3375 m) und der Pico blanco (11013 Fuß = 3578 m). Man weiß nichts von ihrer Gesteinbeschaffenheit,

wahrscheinlich sind es ungeöffnete Trachytkegel. Weiter nach SO hin verflachen sich die Höhen in Veragua bis zu 6000 und 5000 Fuß (1950 bis 1620 m). Dies scheint auch die mittlere Höhe der Vulkane von Nicaragua und San Salvador zu sein, aber gegen das nordwestliche Extrem der ganzen Reihe, unfern der neuen Stadt Guatemala erheben sich wiederum zwei Vulkane bis über 12000 Fuß (3900 m). Die Maxima fallen also nach meinem obigen Versuche hypsometrischer Klassifikation der Vulkane, in die dritte Gruppe, gleichkommend dem Aetna und Pik von Tenerifa, während die größere Zahl der Höhen, die zwischen beiden Extremen liegen, den Vesuv kaum um 2000 Fuß (650 m) übertreffen. Die Vulkane von Mexiko, Neugranada und Quito gehören zur fünften Gruppe und erreichen meist über 16000 Fuß (5200 m).

Wenn auch der Kontinent von Centralamerika vom Isthmus von Panama an durch Veragua, Costarica und Nicaragua bis zum Parallelkreise von 10½° an Breite beträchtlich zunimmt, so veranlaßt doch gerade in dieser Gegend das große Areal des Sees von Nicaragua und die geringe Höhe seines Spiegels (kaum 120 Pariser Fuß = 39 m[97] über beiden Meeren) eine solche Landeserniedrigung, daß aus derselben eine oft den Seefahrern im sogenannten Stillen Meere gefahrbringende Luftüberströmung vom Antillischen Meere in die Südsee verursacht wird. Die so erregten Nordoststürme werden mit dem Namen der Papagayos belegt und wüten bisweilen ununterbrochen 4 bis 5 Tage. Sie haben die große Merkwürdigkeit, daß gewöhnlich der Himmel dabei ganz wolkenlos bleibt. Der Name ist dem Teile der Westküste von Nicaragua zwischen Brito oder Cabo Desolado und Punta de S. Elena (von 11° 22′ bis 10° 50′) entlehnt, welcher Golfo del Papagayo heißt und südlich vom Puerto de San Juan del Sur die kleinen Baien von Salinas und S. Elena einschließt. Ich habe auf der Schiffahrt von Guayaquil nach Acapulco über zwei volle Tage (9. bis 11. März 1803) die Papagayos in ihrer ganzen Stärke und Eigentümlichkeit, aber schon etwas südlicher, in weniger als 9° 13′ Breite, beobachten können. Die Wellen gingen höher, als ich sie je gesehen, und die beständige Sichtbarkeit der Sonnenscheibe am heitersten blauen Himmelsgewölbe machte es mir möglich, die Höhe der Wellen durch Sonnenhöhen, auf dem Rücken der Wellen und in der Tiefe genommen, nach einer damals noch nicht versuchten Methode zu messen. Alle spanischen, englischen[98] und amerikanischen

Seefahrer schreiben dem atlantischen Nordostpassate die hier beschriebenen Stürme der Südsee zu.

In einer neuen Arbeit,[99] die ich mit vielem Fleiße, teils nach den bis jetzt veröffentlichten Materialien, teils nach handschriftlichen Notizen, über die Reihenvulkane von Centralamerika unternommen habe, sind 29 Vulkane aufgezählt, deren vormalige oder jetzige Thätigkeit in verschiedenen Graden mit Sicherheit angegeben werden kann. Die Eingeborenen führen eine um mehr als 1/3 größere Zahl auf und bringen dabei eine Menge von alten Ausbruchbecken in Anschlag, welche vielleicht nur Seiteneruptionen am Abhange eines und desselben Vulkanes waren. Unter den isolierten Kegel- und Glockenbergen, die man dort Vulkane nennt, mögen allerdings viele aus Trachyt oder Dolerit bestehen, aber von jeher ungeöffnet, seit ihrer Hebung nie eine feurige Thätigkeit gezeigt haben. Als entzündet sind jetzt zu betrachten achtzehn, von denen Flammen, Schlacken und Lavaströme ausstießen in diesem Jahrhundert (1825, 1835, 1848 und 1850) sieben, und aus dem Ende des vorigen Jahrhunderts (1775 und 1799) zwei.[100] Der Mangel von Lavaströmen in den mächtigen Vulkanen der Kordilleren von Quito hat in neuerer Zeit mehrmals zu der Behauptung Anlaß gegeben, als sei dieser Mangel ebenso allgemein in den Vulkanen von Centralamerika. Allerdings sind der Mehrzahl nach Schlacken- und Aschenausbrüche von keinem Erguß von Lava begleitet gewesen, wie z. B. jetzt in dem Vulkane von Izalco; aber die Beschreibungen, welche Augenzeugen von den lavaergießenden Ausbrüchen der vier Vulkane Nindiri, el Nuovo, Conseguina und San Miguel de Bosotlan gegeben haben, sprechen dagegen.

Ich habe absichtlich bei den Einzelheiten der Lage und der dichten Zusammendrängung der Reihenvulkane von Centralamerika lange verweilt, in der Hoffnung, daß endlich einmal ein Geognost, der vorher europäische thätige Vulkane und die ausgebrannten der Auvergne oder des Vivarais oder der Eifel gründlich beachtet hat, auch (was von der größten Wichtigkeit ist) die petrographische Zusammensetzung der Gebirgsarten nach den Erfordernissen des jetzigen Zustandes unserer mineralogischen Kenntnisse zu beschreiben weiß, sich angeregt fühlen möchte, diese so nahe und zugängliche Gegend zu besuchen. Vieles ist hier noch zu thun übrig, wenn der Reisende sich ausschließlich geognostischen Untersuchungen widmet, besonders der oryktognostischen Bestimmung der trachytischen, dole-

ritischen und melaphyrischen Gebirgsarten, der Sonderung des ursprünglich Gehobenen und des Teiles der gehobenen Masse, welcher durch spätere Ausbrüche überschüttet worden ist, der Aufsuchung und Erkennung von wirklichen, schmalen ununterbrochenen Lavaströmen, die nur zu oft mit Anhäufungen ausgeworfener Schlacken verwechselt werden. Nie geöffnete Kegelberge, in Dom- und Glockenform aufsteigend, wie der Chimborazo, sind dann von vormals oder jetzt noch thätigen, Schlacken und Lavaströme, wie Vesuv und Aetna, oder Schlacken und Asche allein, wie Pichincha und Cotopaxi, ausstoßenden Vulkanen scharf zu trennen. Ich wüßte nicht, was unserer Kenntnis vulkanischer Thätigkeit, der es so sehr noch an Mannigfaltigkeit des Beobachteten auf großen und zusammenhängenden Kontinentalräumen gebricht, einen glänzenderen Fortschritt verheißen könnte. Würden dann, als materielle Früchte solch einer großen Arbeit, Gebirgssammlungen von vielen isolierten wirklichen Vulkanen und ungeöffneten Trachytkegeln samt den unvulkanischen Massen, welche von beiden durchbrochen worden sind, heimgebracht, so wäre der nachfolgenden chemischen Analyse und den chemisch-geologischen Folgerungen, welche die Analyse veranlaßt, ein ebenso weites als fruchtbares Feld geöffnet. Centralamerika und Java haben vor Mexiko, Quito und Chile den unverkennbaren Vorzug, in einem größeren Raume die vielgestaltetsten und am meisten zusammengedrängten Gerüste vulkanischer Thätigkeit aufzuweisen.

Da, wo mit dem Vulkan von Soconusco (Br. 16° 2′) an der Grenze von Chiapas die so charakteristische Reihe der Vulkane von Centralamerika endet, fängt ein ganz verschiedenes System von Vulkanen, das mexikanische, an. Die für den Handel mit der Südseeküste so wichtige Landenge von Huasacualco und Tehuantepec ist, wie der nordöstlicher gelegene Staat von Oaxaca, ganz ohne Vulkane, vielleicht auch ohne ungeöffnete Trachytkegel. Erst in 40 Meilen Entfernung vom Vulkan von Soconusco erhebt sich nahe an der Küste von Alvarado der kleine Vulkan von Tuxtla (Br. 18° 28′). Am östlichen Abfalle der Sierra de San Martin gelegen, hat er einen großen Flammen- und Aschenausbruch am 2. März 1793 gehabt. Eine genaue astronomische Ortsbestimmung der kolossalen Schneeberge und Vulkane im Inneren von Mexiko (dem alten Anahuac) hat mich erst nach meiner Rückkehr nach Europa, beim Eintragen der Maxima der Höhen in meine große Karte von Neuspanien zu dem überaus merkwürdigen Resultate

geführt, daß es dort von Meer zu Meer einen Parallel der Vulkane und größten Höhen gibt, der um wenige Minuten um den Parallel von 19° oszilliert. Die einzigen Vulkane und zugleich die einzigen mit ewigem Schnee bedeckten Berge des Landes, also Höhen, welche 11000 bis 12000 Fuß (3570 bis 3980 m) übersteigen, die Vulkane von Orizaba, Popocatepetl, Toluca und Colima, liegen zwischen den Breitengraden von 18° 59′ und 19° 20′, und bezeichnen gleichsam die Richtung einer Spalte vulkanischer Thätigkeit von 90 Meilen (670 km) Länge.[101] In derselben Richtung (Breite 19° 9′) zwischen den Vulkanen von Toluca und Colima, von beiden 29 und 32 geogr. Meilen (215 und 237 km) entfernt, hat sich in einer weiten Hochebene von 2424 Fuß (787 m) am 14. September 1759 der neue Vulkan von Jorullo (4002 Fuß = 1300 m) erhoben. Die Oertlichkeit dieser Erscheinung im Verhältnis zu der Lage der anderen mexikanischen Vulkane und der Umstand, daß die ostwestliche Spalte, welche ich hier bezeichne, fast rechtwinkelig die Richtung der großen von Süd-Süd-Ost nach Nord-Nord-West streichenden Gebirgskette durchschneidet, sind geologische Erscheinungen von ebenso wichtiger Art, als es sind die Entfernung des Ausbruches des Jorullo von den Meeren, die Zeugnisse seiner Hebung, welche ich umständlich graphisch dargestellt, die zahllosen dampfenden hornitos, die den Vulkan umgeben, die Granitstücke, welche in einer weit umher granitleeren Umgebung ich dem Lavaerguß des Hauptvulkanes von Jorullo eingebacken gefunden habe.

Folgende Tabelle enthält die speziellen Ortsbestimmungen und Höhen der Vulkanreihen von Anahuac auf einer Spalte, welche von Meer zu Meer die Erhebungsspalte des großen Gebirgszuges durchschneidet:

Folge von O—W	Geographische Breite	Höhen über dem Meere in Toisen und m
Vulkan von Orizaba	19° 2′ 17″	2796ᵗ (5450 m)
Nevado Iztaccihuatl	19° 10′ 3″	2456ᵗ (4784 m)
Vulkan Popocatepetl	18° 59′ 47″	2772ᵗ (5420 m)
Vulkan von Toluca	19° 11′ 33″	2372ᵗ (4623 m)
Vulkan von Jorullo	19° 0′ 9″	667ᵗ (1300 m)
Vulkan von Colima	19° 20′ 0″	1877ᵗ (3657 m)

Die Verlängerung des Parallels vulkanischer Thätigkeit in der Tropenzone von Mexiko führt in 110 Meilen (816 km) westlicher Entfernung von den Südseeküsten nach der Inselgruppe Revillagigedo, in deren Nähe Collnet hat Bimsstein schwimmen sehen; vielleicht noch weiter hin, in 840 Meilen (6230 km) Entfernung, zu dem großen Vulkan Mauna Roa (19° 28′), ohne dazwischen irgend eine Erhebung von Inseln veranlaßt zu haben!

Die Gruppen der Reihenvulkane von Quito und Neugranada begreift eine vulkanische Zone, welche sich von 2° südlicher bis fast 5° nördlicher Breite erstreckt. Die äußersten Grenzen des Areals, in welchem jetzt sich die Reaktion des Erdinneren gegen die Oberfläche offenbart, sind der ununterbrochen thätige Sangay und der Paramo und Volcan de Ruiz, dessen neueste Wiederentzündung vom Jahre 1829 war, und den Karl Degenhardt 1831 von der Mina de Santana in der Provinz Mariquita und 1833 von Marmato aus hat rauchen sehen. Die merkwürdigsten Spuren großer Ausbruchphänomene zeigen von Norden gegen Süden nächst dem Ruiz: der abgestumpfte Kegel des Vulkanes von Tolima (17010 Fuß = 5584 m), berühmt durch das Andenken an die verheerende Eruption vom 12. März 1595, die Vulkane von Puracé (15957 Fuß = 5184 m) und Sotara bei Popayan, von Pasto (12620 Fuß = 4200 m) bei der Stadt gleichen Namens, vom Monte de Azufre (12030 Fuß = 3908 m) bei Tuquerres, von Cumbal (14654 Fuß = 4760 m) und von Chiles in der Provincia de los Pastos; dann folgen die historisch berühmteren Vulkane des eigentlichen Hochlandes von Quito, südlich vom Aequator, deren vier, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua und Sangay, mit Sicherheit als nicht erloschene Vulkane betrachtet werden können. Wenn nördlich von dem Bergknoten der Robles, bei Popayan, wie wir bald näher entwickeln werden, in der Dreiteilung der mächtigen Andeskette nur die mittlere Kordillere und nicht die der Seeküste nähere westliche eine vulkanische Thätigkeit zeigt, so sind dagegen südlich von jenem Bergknoten, wo die Andes nur zwei, von Bouguer und La Condamine in ihren Schriften so oft erwähnte parallele Ketten bilden, Feuerberge so gleichmäßig verteilt, daß die vier Vulkane der Pastos, wie Cotocachi, Pichincha, Iliniza, Carguairazo und Yana-Urcu, am Fuße des Chimborazo, auf der westlichen, dem Meere näheren, und Imbaburu, Cayambe, Antisana, Cotopaxi,

Tungurahua (dem Chimborazo östlich gegenüber, doch der Mitte der schmalen Hochebene näher gerückt), der Altar de los Collanes (Capac-Urcu) und Sangay auf der östlichen Kordillere ausgebrochen sind. Wenn man die nördlichste Gruppe der Reihenvulkane von Südamerika in einem Blicke zusammenfaßt, so gewinnt allerdings die in Quito oft ausgesprochene und durch historische Nachrichten einigermaßen begründete Meinung von der Wanderung der vulkanischen Thätigkeit und Intensitätszunahme von Norden nach Süden einen gewissen Grad der Wahrscheinlichkeit. Freilich finden wir im Süden, und zwar neben dem wie Stromboli wirkenden Kolosse Sangay die Trümmer des „Fürsten der Berge", Capac-Urcu, welcher den Chimborazo an Höhe übertroffen haben soll, aber in den letzten Dezennien des 15. Jahrhunderts (14 Jahre vor der Eroberung von Quito durch den Sohn des Inca Tupac Yupanqui) einstürzte, verlosch und seitdem nicht wieder entbrannte.

Der Raum der Andeskette, welchen die Gruppen der Vulkane nicht bedecken, ist weit größer, als man gewöhnlich glaubt. In dem nördlichen Teile von Südamerika findet sich von dem Volcan de Ruiz und dem Kegelberge Tolima, den beiden nördlichsten Vulkanen der Vulkanreihe von Neugranada und Quito, an bis über den Isthmus von Panama gegen Costa Rica hin, wo die Vulkanreihe von Centralamerika beginnt, ein von Erdstößen oft und mächtig erschüttertes Land, in welchem flammengebende Salsen, aber keine echt vulkanischen Eruptionen bekannt sind. Die Länge dieses Landes beträgt 157 geogr. Meilen (1165 km). Fast zweifach so lang (242 Meilen = 1795 km einnehmend) ist eine vulkanleere Strecke vom Sangay, dem südlichen Endpunkte der Gruppe von Neugranada und Quito, bis zum Chacani bei Arequipa, dem Anfang der Vulkanreihe von Peru und Bolivia. So verwickelt und verschiedenartig muß in derselben Gebirgskette das Zusammentreffen der Verhältnisse gewesen sein, von welchen die Bildung permanent offenbleibender Spalten und der ungehinderte Verkehr des geschmolzenen Erdinneren mit dem Luftkreise abhängen. Zwischen den Gruppen von trachyt- und doleritartigem Gestein, durch welche die vulkanischen Kräfte thätig werden, liegen etwas kürzere Strecken, in denen herrschen: Granit, Syenit, Glimmerschiefer, Thonschiefer, Quarzporphyre, kieselartige Konglomerate und solche Kalksteine, von denen ein beträchtlicher Teil (nach Leopold von Buchs scharfsinniger

Untersuchung der von mir und Degenhardt heimgebrachten organischen Reste) zur Kreideformation gehört. Das allmähliche Häufigerwerden von labradorischen, pyroxen- und oligoklasreichen Gebirgsarten verkündigt dem aufmerksamen Reisenden, wie ich schon an einem anderen Orte gezeigt habe, den Uebergang einer bis dahin in sich abgeschlossenen unvulkanischen und in quarzlosen Porphyren voll glasigen Feldspates, oft sehr silberreichen Zone in die noch frei mit dem Inneren des Erdkörpers kommunizierenden vulkanischen Regionen.

Die genauere Kenntnis von der Lage und den Grenzen der fünf Gruppen von Vulkanen (den Gruppen von Anahuac oder des tropischen Mexikos, von Centralamerika, von Neugranada und Quito, von Peru und Bolivia und von Chile), zu der wir in der neuesten Zeit gelangt sind, lehrt uns, daß in dem Teile der Kordilleren, welcher sich von 19¼° nördlicher bis 46° südlicher Breite erstreckt, also, die durch eine veränderte Achsenrichtung verursachten Krümmungen mit eingerechnet, in einer Länge von fast 1300 geogr. Meilen (9650 km), unbedeutend mehr [102] als die Hälfte (die Rechnung gibt 635 gegen 607 Meilen = 4712 bis 4504 km) mit Vulkanen bedeckt ist. Betrachtet man die Verteilung des vulkanleeren Raumes zwischen die fünf Vulkangruppen, so findet man das Maximum des Abstandes zweier Gruppen voneinander bei den Vulkanreihen von Quito und Peru. Es ist derselbe volle 240 Meilen (1780 km), während die am meisten einander genäherten Gruppen, die erste und zweite, die von Mexiko und Centralamerika sind. Die vier Zwischenräume zwischen den fünf Gruppen entsprechen den Meilenzahlen 75, 157, 240, 135 (556, 1171, 1780, 1001 km). Der große Abstand, welchen der südlichste Vulkan Quitos von dem nördlichsten Perus darbietet, ist auf den ersten Anblick um so auffallender, als man nach altem Gebrauch die Gradmessung auf dem Hochlande von Quito die peruanische zu nennen pflegte. Nur der kleinere südliche Teil der Andeskette von Peru ist vulkanisch. Die Zahl der Vulkane ist zufolge der Listen, welche ich nach sorgfältiger Diskussion der neuesten Materialien angefertigt habe, in allgemeiner Uebersicht folgende:

Namen der fünf Gruppen von Reihenvulkanen des neuen Kontinents von 19° 25′ nördlicher bis 46° 8′ südlicher Breite	Zahl der Vulkane, welche jede Gruppe umfaßt	Zahl der Vulkane, welche noch als entzündet zu betrachten sind
Gruppe von Mexiko[103] . . .	6	4
Gruppe von Centralamerika[104] .	29	18
Gruppe von Neugranada und Quito[105]	18	10
Gruppe von Peru und Bolivia[106]	14	3
Gruppe von Chile[107]	24	13

Nach diesen Angaben ist die Summe der Vulkane in den fünf amerikanischen Gruppen 91, von denen 56 dem Kontinent von Südamerika angehören. Ich zähle als Vulkane auf, außer denen, welche noch gegenwärtig entzündet und thätig sind, auch diejenigen vulkanischen Gerüste, deren alte Ausbrüche einer historischen Zeit angehören, oder deren Bau und Eruptionsmassen (Erhebungs- und Auswurfskrater, Laven, Schlacken, Bimssteine und Obsidiane) sie jenseits aller Tradition als längst erloschene Feuerberge charakterisieren. Ungeöffnete Trachytkegel und Dome oder ungeöffnete lange Trachytrücken wie der Chimborazo und Iztaccihuatl sind ausgeschlossen. Diesen Sinn haben auch Leopold von Buch, Charles Darwin und Friedrich Naumann dem Worte Vulkan in ihren geographischen Aufzählungen gegeben. Noch entzündete Vulkane nenne ich solche, welche in großer Nähe gesehen noch Zeichen ihrer Thätigkeit in hohem oder geringem Grade darbieten, teilweise auch in neuerer Zeit große, historisch bekannte Ausbrüche gezeigt haben. Der Beisatz „in großer Nähe gesehen" ist sehr wichtig, da vielen Vulkanen die noch bestehende Thätigkeit abgesprochen wird, weil, aus der Ebene beobachtet, die dünnen Dämpfe, welche in bedeutender Höhe aus dem Krater aufsteigen, dem Auge unsichtbar bleiben. Wurde nicht zur Zeit meiner amerikanischen Reise geleugnet, daß Pichincha und der große Vulkan von Mexiko (Popocatepetl) entzündet seien! da doch ein unternehmender Reisender, Sebastian Wisse, im Krater des Pichincha um den großen thätigen Auswurfskegel noch 70 entzündete Mündungen (Fumarolen) zählte, und ich am Fuße des Popocatepetl

in dem Malpais del Llano de Tetimpa, in welchem ich eine Grundlinie zu messen hatte, Zeuge[108] eines höchst deutlichen Aschenauswurfes des Vulkanes wurde.

In der Reihenfolge der Vulkane von Neugranada und Quito, welche in 18 Vulkanen noch 10 entzündete umfaßt und ungefähr die doppelte Länge der Pyrenäen hat, kann man von Norden nach Süden als vier kleinere Gruppen oder Unterabteilungen bezeichnen: den Paramo de Ruiz und den nahen Vulkan von Tolima (Br. nach Acosta 4° 55′ N.), Puracé und Sotará bei Popayan (Br. 2¼°), die Volcanes de Pasto, Tuquerres und Cumbal (Br. 2° 20′ bis 0° 50′), die Reihe der Vulkane von Pichincha bei Quito bis zu dem ununterbrochen thätigen Sangay (Aequator bis 2° südlicher Breite). Diese letzte Unterabteilung der ganzen Gruppe ist unter den Vulkanen der Neuen Welt weder besonders auffallend durch ihre große Länge, noch durch die Gedrängtheit ihrer Reihung. Man weiß jetzt, daß sie auch nicht die höchsten Gipfel einschließt; denn der Aconcagua in Chile (Br. 32° 39′) von 21584 Fuß (7011 m) nach Kellet, von 22434 Fuß (7287 m) nach Fitzroy und Pentland, wie die Nevados von Sahama (20950 Fuß = 6812 m), Parinacota (20670 Fuß = 6713 m), Gualateiri (20604 Fuß = 6692 m) und Pomarape (20360 Fuß = 6643 m), alle vier zwischen 18° 7′ und 18° 25′ südlicher Breite, werden für höher gehalten als der Chimborazo (20100 Fuß = 6529 m). Dennoch genießen die Vulkane von Quito unter allen Vulkanen des neuen Kontinentes den am weitesten verbreiteten Ruf, denn an jene Berge der Andeskette, an jenes Hochland von Quito ist das Andenken mühevoller, nach wichtigen Zwecken strebender astronomischer, geodätischer, optischer, barometrischer Arbeiten geknüpft, das Andenken an zwei glänzende Namen, Bouguer und La Condamine! Wo geistige Beziehungen walten, wo eine Fülle von Ideen angeregt wird, welche gleichzeitig zur Erweiterung mehrerer Wissenschaften geführt haben, bleibt gleichsam örtlich der Ruhm auf lange gefesselt. So ist er auch vorzugsweise in den Schweizer Alpen dem Montblanc geblieben; nicht wegen seiner Höhe, welche die des Monte Rosa nur um 523 Fuß (170 m) übertrifft, nicht wegen der überwundenen Gefahr seiner Ersteigung, sondern wegen des Wertes und der Mannigfaltigkeit physikalischer und geologischer Ansichten, welche Saussures Namen und das Feld seiner rastlosen Arbeitsamkeit verherrlichen. Die Natur erscheint da

am größten, wo neben dem sinnlichen Eindruck sie sich auch in der Tiefe des Gedankens reflektiert.

Die Vulkanreihe von Peru und Bolivia, noch ganz der Aequinoktialzone angehörig und nach Pentland erst bei 15900 Fuß (5164 m) Höhe mit ewigem Schnee bedeckt (Darwin, Journal 1845, p. 244), erreicht ungefähr in der Mitte ihrer Länge, in der Sahamagruppe, das Minimum ihrer Erhebung (20970 Fuß = 6812 m), zwischen 18° 7′ und 18° 25′ südlicher Breite. Dort erscheint bei Arica eine sonderbare busenförmige Einbiegung des Gestades, welcher eine plötzliche Veränderung in der Achsenrichtung der Andeskette und der ihr westlich vorliegenden Vulkanreihe entspricht. Von da gegen Süden streicht das Litorale und zugleich die vulkanische Spalte nicht mehr von Südost in Nordwest, sondern in der Richtung des Meridians, einer Richtung, die sich bis nahe dem westlichen Eingange der Magelhaensschen Meerenge, auf einer Länge von mehr als 500 geogr. Meilen (3700 km) erhält. Ein Blick auf die von mir im Jahre 1831 herausgegebene Karte der Verzweigungen und Bergknoten der Andeskette bietet noch viele andere ähnliche Uebereinstimmungen zwischen dem Umriß des neuen Kontinentes und den nahen oder fernen Kordilleren dar. So richten sich zwischen den Vorgebirgen Aguja und San Lorenzo (5½° bis 1° südlicher Breite) beide das Litorale der Südsee und die Kordilleren von Süd nach Nord, nachdem sie so lange zwischen den Parallelen von Arica und Caxamarca von Südost nach Nordwest gerichtet waren; so laufen Litorale und Kordilleren vom Bergknoten des Imbaburu bei Quito bis zu dem de los Robles[109] bei Popayan gar von Südwest in Nordost. Ueber den geologischen Kausalzusammenhang dieser sich so vielfach offenbarenden Uebereinstimmung der Konturformen der Kontinente mit der Richtung naher Gebirgsketten (Südamerika, Alleghanys, Norwegen, Apenninen) scheint es schwer zu entscheiden.

Wenn auch gegenwärtig in den Vulkanreihen von Bolivia und Chile der der Südsee nähere westliche Zweig der Andeskette die meisten Spuren noch dauernder vulkanischer Thätigkeit aufweist, so hat ein sehr erfahrener Beobachter, Pentland, doch auch am Fuße der östlichen, von der Meeresküste über 45 geogr. Meilen (334 km) entfernten Kette einen völlig erhaltenen, aber ausgebrannten Krater mit unverkenn-

baren Lavaströmen aufgefunden. Es liegt derselbe auf dem Gipfel eines Kegelberges bei San Pedro de Cacha im Thale von Yucay, in fast 11300 Fuß (3670 m) Höhe (Br. 14° 8′, Länge 73° 40′), südlich von Cuzco, wo die östliche Schneekette von Apolobamba, Carabaya und Vilcanoto sich von SO nach NW hinzieht. Dieser merkwürdige Punkt [110] ist durch die Ruinen eines berühmten Tempels des Inca Viracocha bezeichnet. Die Meeresferne des alten lavagebenden Vulkanes ist weit größer als die des Sangay, der ebenfalls einer östlichen Kordillere zugehört, größer als die des Orizaba und Jorullo.

Eine vulkanleere Strecke von 135 Meilen (1000 km) Länge scheidet die Vulkanreihe Perus und Bolivias von der von Chile. Das ist der Abstand des Ausbruches in der Wüste von Atacama von dem Vulkan von Coquimbo. Schon 2° 34′ südlicher erreicht, wie früher bemerkt, im Vulkan Aconcagua (21584 Fuß = 7011 m) die Gruppe der Vulkane von Chile das Maximum ihrer Höhe, welches nach unseren jetzigen Kenntnissen zugleich auch das Maximum aller Gipfel des neuen Kontinentes ist. Die mittlere Höhe der Sahamagruppe ist 20650 Fuß (6812 m), also 550 Fuß (178 m) höher als der Chimborazo. Dann folgen in schnell abnehmender Höhe: Cotopaxi, Arequipa(?) und Tolima zwischen 17712 und 17010 Fuß (5755 und 5584 m) Höhe. Ich gebe scheinbar in sehr genauen Zahlen, unverändert, Resultate von Messungen an, welche ihrer Natur nach leider aus trigonometrischen und barometrischen Bestimmungen zusammengesetzt sind, weil auf diese Weise am meisten zur Wiederholung der Messungen und Korrektion der Resultate angeregt wird. In der Reihe der Vulkane Chiles, deren ich 24 aufgeführt habe, sind leider sehr wenige und meist nur die südlichen, niedrigeren zwischen den Parallelen von 37° 20′ bis 43° 40′, von Antuco bis Yantales, hypsometrisch bestimmt. Es haben dieselben die unbeträchtlichen Höhen von 6000 bis 8000 Fuß (1950 bis 2600 m). Auch in der Tierra del Fuego selbst erhebt sich der mit ewigem Schnee bedeckte Gipfel des Sarmiento nach Fitzroy nur bis 6400 Fuß (2080 m). Vom Vulkan von Coquimbo bis zu dem Vulkan San Clemente zählt man 242 Meilen (1800 km).

Ueber die Thätigkeit der Vulkane von Chile haben wir die wichtigen Zeugnisse von Charles Darwin, der den Osorno, Corcovado und Aconcagua sehr bestimmt als entzündet auf-

führt; die Zeugnisse von Meyen, Pöppig und Gay, welche den Maipu, Antuco und Peteroa bestiegen; die von Domeyko, dem Astronomen Gilliß und Major Philippi. Man möchte die Zahl der entzündeten Krater auf dreizehn setzen, nur fünf weniger als in der Gruppe von Centralamerika.

Von den fünf Gruppen der Reihenvulkane des neuen Kontinentes, welche nach astronomischen Ortsbestimmungen und meist auch hypsometrisch in Lage und Höhe haben angegeben werden können, wenden wir uns nun zu dem alten Kontinent, in dem, ganz im Gegensatz mit dem neuen, die größere Zahl zusammengedrängter Vulkane nicht dem festen Lande, sondern den Inseln angehört. Es liegen die meisten europäischen Vulkane im Mittelländischen Meere, und zwar (wenn man den großen, mehrfach thätigen Krater zwischen Thera, Therasia und Aspronisi mitrechnet) in dem tyrrhenischen und ägeischen Teile; es liegen in Asien die mächtigsten Vulkane auf den großen und kleinen Sundainseln, den Molukken, den Philippinen, in den Archipelen von Japan, der Kurilen und der Aleuten im Süden und Osten des Kontinentes.

In keiner anderen Region der Erdoberfläche zeigen sich so häufige und so frische Spuren des regen Verkehres zwischen dem Inneren und dem Aeußeren unseres Planeten, als auf dem engen Raume von kaum 800 geographischen Quadratmeilen (44 000 qkm) zwischen den Parallelen von 10° südlicher und 14° nördlicher Breite, wie zwischen den Meridianen der Südspitze von Malakka und der Westspitze der Papuahalbinsel von Neuguinea. Das Areal dieser vulkanischen Inselwelt erreicht kaum die Größe der Schweiz und wird bespült von der Sunda-, Banda-, Sulu- und Mindorosee. Die einzige Insel Java enthält noch jetzt eine größere Zahl entzündeter Vulkane, als die ganze südliche Hälfte von Amerika, wenngleich diese Insel nur 136 geographischische Meilen (1010 km) lang ist, d. i. nur 1/7 der Länge von Südamerika hat. Ein neues, langerwartetes Licht über die geognostische Beschaffenheit von Java ist (nach früheren, sehr unvollständigen, aber verdienstlichen Arbeiten von Horsfield, Sir Thomas Stamford, Raffles und Reinwardt) durch einen kenntnisvollen, kühnen und unermüdet thätigen Naturforscher, Franz Junghuhn, neuerdings verbreitet worden. Nach einem mehr als zwölfjährigen Aufenthalte hat er in einem lehrreichen Werke: Java, seine Gestalt und Pflanzendecke und innere Bauart, die ganze

Naturgeschichte des Landes umfaßt. Ueber 400 Höhen wurden barometrisch mit Sorgfalt gemessen, die vulkanischen Kegel- und Glockenberge, 45 an der Zahl, in Profilen dargestellt und bis auf 3 alle von Junghuhn erstiegen. Ueber die Hälfte, wenigstens 28, wurden als noch entzündet und thätig erkannt, ihre merkwürdigen und so verschiedenen Reliefformen mit ausgezeichneter Klarheit beschrieben, ja in die erreichbare Geschichte ihrer Ausbrüche eingedrungen. Nicht minder wichtig als die vulkanischen Erscheinungen von Java sind die dortigen Sedimentformationen tertiärer Bildung, die vor der eben genannten ausführlichen Arbeit uns vollkommen unbekannt waren und doch $\frac{3}{5}$ des ganzen Areales der Insel, besonders in dem südlichen Teile, bedecken. In vielen Gegenden von Java finden sich als Reste ehemaliger weitverbreiteter Wälder 3 bis 7 Fuß (1 bis 2,25 m) lange Bruchstücke von verkieselten Baumstämmen, die allein den Dikotyledonen angehören. Für ein Land, in welchem jetzt eine Fülle Palmen und Baumfarnen wachsen, ist dies um so merkwürdiger, als im miocänen Tertiärgebirge der Braunkohlenformation von Europa, da wo jetzt baumstämmige Monokotyledonen nicht mehr gedeihen, nicht selten fossile Palmen angetroffen werden.[111] Durch das fleißige Sammeln von Blattabdrücken und versteinerten Hölzern hat Junghuhn Gelegenheit dargeboten, daß die nach seiner Sammlung von Göppert scharfsinnig bearbeitete vorweltliche Flora von Java als das erste Beispiel der fossilen Flora einer rein tropischen Gegend hat erscheinen können.

Die Vulkane von Java stehen in Ansehung der Höhe, welche sie erreichen, denen der drei Gruppen von Chile, Bolivia und Peru, ja selbst der zwei Gruppen von Quito samt Neugranada und dem tropischen Mexiko, weit nach. Die Maxima, welche die genannten amerikanischen Gruppen erreichen, sind für Chile, Bolivia und Quito 20 000 bis 21 600 Fuß (6500 bis 7020 m), für Mexiko 17 000 Fuß (5520 m). Das ist fast um 10 000 Fuß (3250 m) (um die Höhe des Aetna) mehr als die größte Höhe der Vulkane von Sumatra und Java. Auf der letzteren Insel ist der höchste und noch entzündete Koloß der Gunung Semeru, die kulminierende Spitze der ganzen javanischen Vulkanreihe. Junghuhn hat dieselbe im September 1844 erstiegen; das Mittel seiner Barometermessungen gab 11 480 Fuß (3753 m) über der Meeresfläche, also 1640 Fuß (532 m) mehr, als der Gipfel des Aetna. Bei Nacht sank das hundertteilige Thermometer unter

6,2°. Der ältere, Sanskritname des Gunung Semeru war Mahâ-Mêru (der große Meru), eine Erinnerung an die Zeit, als die Malaien indische Kultur aufnahmen, eine Erinnerung an den **Weltberg** im Norden, welcher nach dem Mahabharata der mythische Sitz ist von Brahma, Wischnu und den sieben Dêvarschi.[112] Auffallend ist es, daß, wie die Eingeborenen der Hochebene von Quito schon vor jeglicher Messung erraten hatten, daß der Chimborazo alle anderen Schneeberge des Landes überrage, so die Javanen auch wußten, daß der heilige Berg Mahâ-Mêru, welcher von dem Gunung Ardjuna (10350 Fuß = 3362 m) wenig entfernt ist, das Maximum der Höhe auf der Insel erreiche, und doch konnte hier, in einem schneefreien Lande, der größere Abstand des Gipfels von der Niveaulinie der ewigen unteren Schneegrenze ebensowenig das Urteil leiten, als die Höhe eines temporären, zufälligen Schneefalles.

Der Höhe des Gunung Semeru, welche 11000 Fuß übersteigt, kommen vier andere Vulkane am nächsten, die hypsometrisch zu 10000 und 11000 Fuß (3250 und 3370 m) gefunden wurden. Es sind Gunung[113] Slamat oder Berg von Tegal (10430 Fuß = 3388 m), Gunung Ardjuna (10350 = 3362 m), Gunung Sumbing (10340 Fuß = 3361 m) und Gunung Lawu (10065 Fuß = 3270 m). Zwischen 9000 und 10000 Fuß (2920 und 3250 m) fallen noch 7 Vulkane von Java, ein Resultat, das um so wichtiger ist, als man früher keinem Gipfel auf der Insel mehr als 6000 Fuß (1950 m) zuschrieb.[114] Unter den fünf Gruppen der nord- und südamerikanischen Vulkane ist die von Guatemala (Centralamerika) die einzige, welche in **mittlerer** Höhe von der Javagruppe übertroffen wird. Wenn auch bei Alt-Guatemala der Volcan de Fuego (nach der Berechnung und Reduktion von Poggendorff) 12300 Fuß (3995 m), also 820 Fuß (266 m) mehr Höhe als der Gunung Semeru erreicht, so schwankt doch der übrige Teil der Vulkanreihe Centralamerikas nur zwischen 5000 und 7000 (1620 und 2270 m), nicht, wie auf Java, zwischen 7000 und 10000 Fuß (2270 und 3250 m). Der höchste Vulkan Asiens ist aber nicht in dem asiatischen Inselreiche (dem Archipel der Sundainseln), sondern auf dem Kontinent zu suchen; denn auf der Halbinsel Kamtschatka erhebt sich der Vulkan Kljutschewsk bis 14790 Fuß (4804 m), fast zur Höhe des Rucu-Pichincha in den Kordilleren von Quito.

Die gedrängte Reihe der Vulkane von Java (über 45 an der Zahl) hat in ihrer Hauptachse die Richtung WNW bis SOS (genau W 12° N), also meist der Vulkanreihe des östlichen Teiles von Sumatra, aber nicht der Längenachse der Insel Java parallel. Diese allgemeine Richtung der Vulkankette schließt keineswegs die Erscheinung aus, auf welche man neuerlichst auch in der großen Himalayakette aufmerksam gemacht hat, daß einzeln 3 bis 4 hohe Gipfel so zusammengereiht sind, daß die kleinen Achsen dieser Partialreihen mit der Hauptachse der Kette einen schiefen Winkel machen. Dieses Spaltenphänomen, welches Hodgson, Joseph Hooker und Strachey beobachtet und teilweise dargestellt haben, ist von großem Interesse. Die kleinen Achsen der Nebenspalten scharen sich an die große an, bisweilen fast unter einem rechten Winkel, und selbst in vulkanischen Ketten liegen oft gerade die Maxima der Höhen etwas von der großen Achse entfernt. Wie in den meisten Reihenvulkanen, bemerkt man auch auf Java kein bestimmtes Verhältnis zwischen der Höhe und der Größe des Gipfelkraters. Die beiden größten Krater gehören dem Gunung Tengger und dem Gunung Raon an. Der erste von beiden ist ein Berg dritter Klasse, von nur 8165 Fuß (2652 m) Höhe. Sein zirkelrunder Krater hat über 20000 Fuß (6500 m), also fast eine geographische Meile, im Durchmesser. Der ebene Boden des Kraters ist ein Sandmeer, dessen Fläche 1750 Fuß (568 m) unter dem höchsten Punkte der Umwallung liegt, und in dem hier und da aus der Schicht zerriebener Rapilli schlackige Lavamassen hervorragen. Selbst der ungeheure und dazu mit glühender Lava angefüllte Krater des Kilauea auf Hawai erreicht nach der so genauen trigonometrischen Aufnahme des Kapitän Wilkes und den vortrefflichen Beobachtungen Danas nicht die Kratergröße des Gunung Tengger. In der Mitte des Kraters von dem letzteren erheben sich vier kleine Auswurfkegel, eigentlich umwallte, trichterförmige Schlünde, von denen jetzt nur einer, Bromo (der mythische Name Brahma, ein Wort, welchem in den Kawi-Wortverzeichnissen die Bedeutung Feuer beigelegt wird, die das Sanskrit nicht zeigt), unentzündet ist. Bromo bietet das merkwürdige Phänomen dar, daß in seinem Trichter sich von 1838 bis 1842 ein See bildete, von welchem Junghuhn erwiesen hat, daß er seinen Ursprung dem Zufluß atmosphärischer Wasser verdankt, die durch gleichzeitiges Eindringen von Schwefeldämpfen erwärmt und gesäuert wurden.[115] Nach dem

Gunung Tengger hat der Gunung Raon den größten Krater, im Durchmesser jedoch um die Hälfte kleiner. Seine Tiefe gewährt einen schauervollen Anblick. Sie scheint über 2250 Fuß (730 m) zu betragen; und doch ist der merkwürdige, 9550 Fuß (3102 m) hohe Vulkan, welchen Junghuhn bestiegen und so sorgfältig beschrieben hat, nicht einmal auf der so verdienstvollen Karte von Raffles genannt worden.

Die Vulkane von Java bieten, wie meist alle Reihenvulkane, die wichtige Erscheinung dar, daß Gleichzeitigkeit großer Eruptionen viel seltener bei einander nahe liegenden als bei weit voneinander entfernten Kegeln beobachtet wird. Als in der Nacht vom 11. zum 12. August 1772 der Vulkan Gunung Pepandajan (6600 Fuß = 2144 m) den verheerendsten Feuerausbruch hatte, der in historischen Zeiten die Insel betroffen hat, entflammten sich in derselben Nacht zwei andere Vulkane, der Gunung Tjerimaï und der Gunung Slamat, welche in gerader Linie 46 und 88 geogr. Meilen (340 und 653 km) vom Pepandajan entfernt liegen.[116] Stehen auch die Vulkane einer Reihe alle über einem Herde, so ist doch gewiß das Netz der Spalten, durch welche sie kommunizieren, so zusammengesetzt, daß die Verstopfung alter Dampfkanäle, oder im Laufe der Jahrhunderte die temporäre Eröffnung neuer den simultanen Ausbruch auf sehr entfernten Punkten begreiflich machen. Ich erinnere an das plötzliche Verschwinden der Rauchsäule, die aus dem Vulkan von Pasto aufstieg, als am Morgen des 4. Februar 1797 das furchtbare Erdbeben von Riobamba die Hochebene von Quito zwischen dem Tunguragua und Cotopaxi erschütterte.

Den Vulkanen der Insel Java wird im allgemeinen ein Charakter gerippter Gestaltung zugeschrieben, von dem ich auf den Kanarischen Inseln, in Mexiko und in den Kordilleren von Quito nichts Aehnliches gesehen habe. Der neueste Reisende, welchem wir so treffliche Beobachtungen über den Bau der Vulkane, die Geographie der Pflanzen und die psychrometrischen Feuchtigkeitsverhältnisse verdanken, hat die Erscheinung, deren ich hier erwähne, mit so bestimmter Klarheit beschrieben, daß ich, um zu neuen Untersuchungen Anlaß zu geben, nicht versäumen darf, die Aufmerksamkeit auf jene Regelmäßigkeit der Form zu richten. „Obgleich," sagt Herr Junghuhn, „die Oberfläche eines 10 300 Fuß (3345 m) hohen Vulkanes, des Gunung Sumbing, aus einiger Entfernung gesehen, wie eine ununterbrochen ebene und geneigte Fläche des

Kegelberges erscheint, so findet man doch bei näherer Betrachtung, daß sie aus lauter einzelnen schmalen Längenrücken oder Rippen besteht, die nach unten zu sich immer mehr spalten und breiter werden. Sie ziehen sich vom Gipfel des Vulkanes oder noch häufiger von einer Höhe, die einige hundert Fuß unterhalb des Gipfels liegt, nach allen Seiten, wie die Strahlen eines Regenschirmes divergierend, zum Fuße des Berges herab." Diese rippenförmigen Längerücken haben bisweilen auf kurze Zeit einen geschlängelten Lauf, werden aber alle durch nebeneinander liegende, gleich gerichtete und im Herabsteigen breiter werdende Zwischenklüfte von 300 bis 400 Fuß (100 bis 130 m) Tiefe gebildet. Es sind Ausfurchungen der Oberfläche, „welche an den Seitengehängen aller Vulkane der Insel Java sich wiederfinden, aber in der mittleren Tiefe und dem Abstande ihres oberen Anfanges vom Kraterrande und von einem uneröffneten Gipfel bei den verschiedenen Kegelbergen bedeutend voneinander abweichen. Der Gunung Sumbing (10 348 Fuß = 3361 m) gehört zu der Anzahl derjenigen Vulkane, welche die schönsten und regelmäßigst gebildeten Rippen zeigen, da der Berg von Waldbäumen entblößt und mit Gras bedeckt ist". Nach den Messungen, welche Junghuhn bekannt gemacht, nimmt die Zahl der Rippen durch Verzweigung ebenso zu, als der Neigungswinkel abnimmt. Oberhalb der Zone von 9000 Fuß (2920 m) sind im Gunung Sumbing nur etwa 10 solche Rippen, in 8500 Fuß (2760 m) Höhe 32, in 5500 Fuß (1780 m) an 72, in 3000 Fuß (974 m) Höhe über 95. Der Neigungswinkel nimmt dabei ab von 37° zu 25° und 10½°. Fast ebenso regelmäßig sind die Rippen am Vulkan Gunung Tengger (8165 Fuß = 2652 m), während sie am Gunung Ringgit durch die verwüstenden Ausbrüche, welche dem Jahre 1586 folgten, bedeckt und zerstört worden sind. „Die Entstehung der so eigentümlichen Längenrippen und der dazwischen liegenden Bergklüfte, deren Zeichnungen gegeben sind, wird der Auswaschung durch Bäche zugeschrieben."

Allerdings ist die Masse der Meteorwasser in dieser Tropengegend im Mittel wohl 3 bis 4mal beträchtlicher, als in der temperierten Zone, ja, die Zuströmungen sind oft wolkenbruchartig; denn wenn auch im ganzen die Feuchtigkeit mit der Höhe der Luftschichten abnimmt, so üben dagegen die großen Kegelberge eine besondere Anziehung auf das Gewölk aus, und die vulkanischen Ausbrüche sind, wie ich schon an anderen

Orten bemerkt habe, ihrer Natur nach Gewitter erregend. Die Kluft- und Thalbildungen (Barrancos), welche in den Vulkanen der Kanarischen Inseln und in den Kordilleren von Südamerika nach den von Leopold von Buch und von mir vielfältig gegebenen Beschreibungen dem Reisenden wichtig werden, weil sie ihm das Innere des Gebirges erschließen und ihn selbst bisweilen bis in die Nähe der höchsten Gipfel und an die Umwallung eines Erhebungskraters leiten, bieten analoge Erscheinungen dar; aber wenn dieselben auch zuzeiten die sich sammelnden Meteorwasser fortführen, so ist diesen doch wohl nicht die primitive Entstehung der Barrancos[117] an dem Abfalle der Vulkane zuzuschreiben. Spaltungen als Folge der Faltung in der weich gehobenen und sich erst später erhärtenden trachytischen Masse sind wahrscheinlich allen Erosionswirkungen und dem Stoße der Wasser vorhergegangen. Wo aber tiefe Barrancos in den von mir besuchten vulkanischen Gegenden sich an dem Abfalle oder Gehänge von Glocken- oder Kegelbergen (*en las faldas* de los Cerros barrancosos) zeigten, war keine Spur von der Regelmäßigkeit oder strahlenförmigen Verzweigung zu entdecken, welche wir nach Junghuhns Werken in den sonderbaren Reliefformen der Vulkane von Java kennen lernen.[118] Die meiste Analogie mit der hier behandelten Reliefform gewährt das Phänomen, auf welches Leopold von Buch und der scharfsinnige Beobachter der Vulkane Poulet Scrope schon aufmerksam gemacht haben, das Phänomen, daß große Spalten sich fast immer nach der Normalrichtung der Abhänge, strahlenförmig, doch unverzweigt, vom Centrum des Berges aus, nicht quer auf denselben, in rechtem oder schiefem Winkel eröffnen.

Der Glaube an die völlige Abwesenheit von Lavaströmen auf der Insel Java,[119] zu dem Leopold von Buch nach Erfahrungen des verdienstvollen Reinwardt sich hinzuneigen schien, ist durch die neueren Beobachtungen mehr als erschüttert worden. Junghuhn bemerkt allerdings, „daß der mächtige Vulkan Gunung Merapi in der geschichtlichen Periode seiner Ausbrüche nicht mehr zusammenhängende, kompakte Lavaströme gebildet, und daß er nur Lavafragmente (Trümmer) oder unzusammenhängende Steinblöcke ausgeworfen habe, wenn man auch im Jahre 1837 neun Monate lang an dem Abhange des Auswurfskegels nächtlich feurige Streifen herabziehen sah.“[120] Aber derselbe so aufmerksame Reisende hat umständlich und

deutlich drei basaltartige, schwarze Lavaströme an drei Vulkanen: Gunung Tengger, Gunung Idjen und Slamat[121] beschrieben. An dem letzteren verlängert sich der Lavastrom, nachdem er Veranlassung zu einem Wasserfall gegeben, bis in das Tertiärgebirge. Junghuhn unterscheidet von solchen wahren Lavaergüssen, die zusammenhängende Massen bilden, sehr genau bei dem Ausbruch des Gunung Lamongan vom 6. Juli 1838, was er einen Steinstrom nennt, aus gereiht ausgestoßenen, großenteils eckigen, glühenden Trümmern bestehend. „Man hörte das Gekrach der aufschlagenden Steine, die, feurigen Punkten gleich, in einer Linie oder ordnungslos herabrollten." Ich hefte sehr absichtlich die Aufmerksamkeit auf die sehr verschiedene Art, in der feurige Massen an dem Abhange eines Vulkanes erscheinen, weil in dem Streite über das Maximum des Fallwinkels der Lavaströme bisweilen glühende Steinströme (Schlackenmassen), in Reihen sich folgend, mit kontinuierlichen Lavaströmen verwechselt werden.

Da gerade in neuester Zeit das wichtige, die innere Konstitution der Vulkane betreffende und, ich darf hinzusetzen, nicht ernst genug behandelte Problem der Seltenheit oder des völligen Mangels an Lavaströmen in Beziehung auf Java so oft zur Sprache gekommen ist, so scheint es hier der Ort, dasselbe unter einen allgemeinen Gesichtspunkt zu stellen. Wenn auch sehr wahrscheinlich in einer Vulkangruppe oder Vulkanreihe alle Glieder in gewissen gemeinsamen Verhältnissen zu dem allgemeinen Herde, dem geschmolzenen Erdinneren, stehen, so bietet doch jedes Individuum eigentümliche physikalische und chemische Prozesse dar in Hinsicht auf Stärke und Frequenz der Thätigkeit, auf Grad und Form der Fluidität und auf Stoffverschiedenheit der Produkte, Eigentümlichkeiten, welche man nicht durch Vergleichung der Gestaltung und der Höhe über der jetzigen Meeresfläche erklären kann. Der Bergkoloß Sangay ist ebenso ununterbrochen in Eruption als der niedrige Stromboli; von zwei einander nahen Vulkanen wirft der eine nur Bimsstein ohne Obsidian, der andere beide zugleich aus; der eine gibt nur lose Schlacken, der andere in schmalen Strömen fließende Lava. Diese charakterisierenden Prozesse scheinen dazu bei vielen in verschiedenen Epochen ihrer Thätigkeit nicht immer dieselben gewesen zu sein. Keinem der beiden Kontinente ist vorzugsweise Seltenheit oder gar Abwesenheit von Lavaströmen zuzuschreiben. Auffallende Unterschiede treten nur in solchen Gruppen hervor,

für welche man sich auf uns nahe liegende, bestimmte historische Perioden beschränken muß. Das Nichterkennen von einzelnen Lavaströmen hängt von vielerlei Verhältnissen gleichzeitig ab. Zu diesen gehören: die Bedeckung mächtiger Tuff-, Rapilli- und Bimssteinschichten, die gleich- oder ungleichzeitige Konfluenz mehrerer Ströme, welche ein weit ausgedehntes Lava- oder Trümmerfeld bilden, der Umstand, daß in einer weiten Ebene längst zerstört sind die kleinen konischen Ausbruchkegel, gleichsam das vulkanische Gerüste, welchem, wie auf Lancerote, die Lava stromweise entflossen war. In den ältesten Zuständen unseres ungleich erkaltenden Planeten, in den frühesten Faltungen seiner Oberfläche, scheint mir sehr wahrscheinlich ein häufiges zähes Entquellen von trachytischen und doleritischen Gebirgsarten, von Bimssteinmassen oder obsidianhaltigen Perliten aus einem zusammengesetzten Spaltennetze, über dem nie ein Gerüste sich erhoben oder aufgebaut hat. Das Problem solcher einfachen Spaltenergüsse verdient die Aufmerksamkeit der Geologen.

In der Reihe der mexikanischen Vulkane ist das größte und seit meiner amerikanischen Reise berufenste Phänomen die Erhebung und der Lavaerguß des neu erschienenen Jorullo. Dieser Vulkan, dessen auf Messungen gegründete Topographie ich zuerst bekannt gemacht habe, bietet durch seine Lage zwischen den beiden Vulkanen von Toluca und Colima, und durch seinen Ausbruch auf der großen Spalte vulkanischer Thätigkeit, welche sich vom Atlantischen Meere bis an die Südsee erstreckt, eine wichtige und deshalb um so mehr bestrittene geognostische Erscheinung dar. Dem mächtigen Lavastrome folgend, welchen der neue Vulkan ausgestoßen, ist es mir gelungen, tief in das Innere des Kraters zu gelangen und in demselben Instrumente aufzustellen. Dem Ausbruch in einer weiten, lange friedlichen Ebene der ehemaligen Provinz Michoacan in der Nacht vom 28. zum 29. September 1759, über 30 geographische Meilen (220 km) von jedem anderen Vulkane entfernt, ging seit dem 29. Juni desselben Jahres, also drei volle Monate lang, ein ununterbrochenes unterirdisches Getöse voraus. Es war dasselbe dadurch schon von den wunderbaren bramidos von Guanaxuato, die ich an einem anderen Orte beschrieben, verschieden, daß es, wie es gewöhnlicher der Fall ist, von Erdstößen begleitet war, welche der silberreichen Bergstadt im Januar 1784 gänzlich fehlten. Der Ausbruch des neuen Vulkanes um 3 Uhr morgens verkündigte

sich tags vorher durch eine Erscheinung, welche bei anderen Eruptionen nicht den Anfang, sondern das Ende zu bezeichnen pflegt. Da, wo gegenwärtig der große Vulkan steht, war ehemals ein dichtes Gebüsch von der ihrer wohlschmeckenden Früchte wegen bei den Eingeborenen so beliebten Guayava (Psidium pyriferum). Arbeiter aus den Zuckerrohrfeldern (cañaverales) der Hacienda de San Pedro Jorullo, welche dem reichen, damals in Mexiko wohnenden Don Andres Pimentel gehörte, waren ausgegangen, um Guayavafrüchte zu sammeln. Als sie nach der Meierei (hacienda) zurückkehrten, bemerkte man mit Erstaunen, daß ihre großen Strohhüte mit vulkanischer Asche bedeckt waren. Es hatten sich demnach schon in dem, was man jetzt das Malpais nennt, wahrscheinlich am Fuße der hohen Basaltkuppe el Cuiche, Spalten geöffnet, welche diese Asche (Rapilli) ausstießen, ehe noch in der Ebene sich etwas zu verändern schien. Aus einem in den bischöflichen Archiven von Valladolid aufgefundenen Briefe des Pater Joaquin de Ansogorri, welcher drei Wochen nach dem Tage des ersten Ausbruches geschrieben ist, scheint zu erhellen, daß der Pater Isidro Molina, aus dem Jesuitenkollegium des nahen Patzcuaro hingesandt, „um den von dem unterirdischen Getöse und den Erdbeben aufs äußerste beunruhigten Bewohnern der Playas de Jorullo geistlichen Trost zu geben", zuerst die zunehmende Gefahr erkannte und dadurch die Rettung der ganzen kleinen Bevölkerung veranlaßte.

In den ersten Stunden der Nacht lag die schwarze Asche schon einen Fuß (32 cm) hoch; alles floh gegen die Anhöhen von Aguasarco zu, einem Indianerdörfchen, das 2260 Fuß (734 m) höher, als die alte Ebene von Jorullo liegt. Von diesen Höhen aus sah man (so geht die Tradition) eine große Strecke Landes in furchtbarem Feuerausbruch, und „mitten zwischen den Flammen (wie sich die ausdrückten, welche das Bergaufsteigen erlebt) erschien, gleich einem schwarzen Kastell (castillo negro), ein großer, unförmiger Klumpen (bulto grande)". Bei der geringen Bevölkerung der Gegend (die Indigo- und Baumwollenkultur war damals nur sehr schwach betrieben) hat selbst die Stärke langdauernder Erdbeben kein Menschenleben gekostet, obgleich durch dieselben, wie ich aus handschriftlichen Nachrichten[122] ersehen, bei den Kupfergruben von Inguaran, in dem Städtchen Patzcuaro, in Santiago de Ario, und viele Meilen weiter, doch nicht über S. Pedro Churumuco hinaus, Häuser umgestürzt worden

waren. In der Hacienda de Jorullo hatte man bei der allgemeinen nächtlichen Flucht einen taubstummen Negersklaven mitzunehmen vergessen. Ein Mestize hatte die Menschlichkeit, umzukehren und ihn, als die Wohnung noch stand, zu retten. Man erzählt gern noch heute, daß man ihn knieend, eine geweihte Kerze in der Hand, vor dem Bilde de Nuestra Señora de Guadalupe gefunden habe.

Nach der weit und übereinstimmend unter den Eingeborenen verbreiteten Tradition soll in den ersten Tagen der Ausbruch von großen Felsmassen, Schlacken, Sand und Asche immer auch mit einem Erguß von schlammigem Wasser verbunden gewesen sein. In dem vorerwähnten denkwürdigen Berichte vom 19. Oktober 1759, der einen Mann zum Verfasser hat, welcher mit genauer Lokalkenntnis das eben erst Vorgefallene schildert, heißt es ausdrücklich: que espele el dicho Volcan arena, ceniza y agua. Alle Augenzeugen erzählen (ich übersetze aus der Beschreibung, welche der Intendant Oberst Riaño und der deutsche Bergkommissär Franz Fischer, der in spanische Dienste getreten war, über den Zustand des Vulkanes von Jorullo am 10. März 1789 geliefert haben), „daß, ehe der furchtbare Berg erschien (antes de reventar y aparecerse este terrible Cerro), die Erdstöße und das unterirdische Getöse sich häuften, am Tage des Ausbruches selbst aber der flache Boden sich sichtbar senkrecht erhob (se observó, que el plan de la tierra se levantaba perpendicularmente), und das Ganze sich mehr oder weniger aufblähte, so daß Blasen (vexigones) erschienen, deren größte heute der Vulkan ist (de los que el mayor es hoy el Cerro del Volcan). Diese aufgetriebenen Blasen von sehr verschiedenem Umfang und zum Teil ziemlich regelmäßiger, konischer Gestalt, platzten später (estas ampollas, gruesas vegigas ó conos diferentimente regulares en sus figuras y tamaños, reventáron despues), und stießen aus ihren Mündungen kochend heißen Erdschlamm (tierras hervidas y calientes) wie verschlackte Steinmassen (piedras cocidas? y fundidas) aus, die man, mit schwarzen Steinmassen bedeckt, noch bis in ungeheure Ferne auffindet".

Diese historischen Nachrichten, die man freilich ausführlicher wünschte, stimmen vollkommen mit dem überein, was ich aus dem Munde der Eingeborenen 14 Jahre nach der Besteigung des Antonio de Riaño vernahm. Auf die Fragen, ob man „das Bergkastell" nach Monaten oder Jahren

sich allmählich habe erhöhen sehen, oder ob es gleich in den ersten Tagen schon als ein hoher Gipfel erschienen sei, war keine Antwort zu erhalten. Riaños Behauptung, daß Eruptionen noch in den ersten 16 bis 17 Jahren vorgefallen wären, also bis 1776, wurde als unwahr geleugnet. Die Erscheinungen von kleinen Wasser- und Schlammausbrüchen, die in den ersten Tagen gleichzeitig mit den glühenden Schlacken bemerkt wurden, werden nach der Sage dem Versiegen zweier Bäche zugeschrieben, welche an dem westlichen Abhange des Gebirges von Santa Ines, also östlich vom Cerro de Cuiche, entspringend, die Zuckerrohrfelder der ehemaligen Hacienda de San Pedro de Jorullo reichlich bewässerten und weit im Westen nach der Hacienda de la Presentacion fortströmten. Man zeigt noch nahe bei ihrem Ursprunge den Punkt, wo sie in einer Kluft mit ihren einst kalten Wassern bei Erhebung des östlichen Randes des Malpais verschwunden sind. Unter den Hornitos weglaufend, erscheinen sie (das ist die allgemeine Meinung der Landleute) erwärmt als zwei Thermalquellen wieder. Da der gehobene Teil des Malpais dort fast senkrecht abgestürzt ist, so bilden sie die zwei kleinen Wasserfälle, die ich gesehen und in meine Zeichnung aufgenommen habe. Jedem derselben ist der frühere Name, Rio de San Pedro und Rio de Cuitimba, erhalten worden. Ich habe an diesem Punkte die Temperatur der dampfenden Wasser 52,7° gefunden. Die Wasser sind auf ihrem langen Wege nur erwärmt, aber nicht gesäuert worden. Die Reaktivpapiere, welche ich die Gewohnheit hatte, mit mir zu führen, erlitten keine Veränderung, aber weiterhin, nahe bei der Hacienda de la Presentacion, gegen die Sierra de las Canoas zu, sprudelt eine mit geschwefeltem Wasserstoffgas geschwängerte Quelle, die ein Becken von 20 Fuß (6,5 m) Breite bildet.

Um sich von der komplizierten Reliefform der Bodenfläche einen klaren Begriff zu machen, in welcher so merkwürdige Erhebungen vorgefallen sind, muß man hypsometrisch und morphologisch unterscheiden: 1) die Lage des Vulkansystems von Jorullo im Verhältnis zu dem mittleren Niveau der mexikanischen Hochebene; 2) die Konvexität des Malpais, das von Tausenden von Hornitos bedeckt ist; 3) die Spalte, auf welcher 6 große vulkanische Bergmassen aufgestiegen sind.

An dem westlichen Abfalle der von SSO nach NNW streichenden Cordillera central de Mexico bildet die Ebene der Playas de Jorullo in nur 2400 Fuß (780 m) Höhe

über dem Niveau der Südsee eine von den horizontalen Bergstufen, welche überall in den Kordilleren die Neigungslinie des Abfalles unterbrechen und deshalb mehr oder minder die Abnahme der Wärme in den übereinander liegenden Luftschichten verlangsamen. Wenn man von dem Centralplateau von Mexiko in 7000 Fuß (2270 m) mittlerer Höhe nach den Weizenfeldern von Valladolid de Michuacan, nach dem anmutigen See von Patzcuaro mit dem bewohnten Inselchen Janicho und in die Wiesen um Santiago de Ario, die wir (Bonpland und ich) mit den nachmals so berühmt gewordenen Georginen (Dahlia, Cav.) geschmückt fanden, herabsteigt, so ist man noch nicht 900 bis 1000 Fuß (292 bis 324 m) tiefer gelangt. Um aber von Ario am steilen Abhange über Aguasarco in das Niveau der alten Ebene von Jorullo zu treten, vermindert man in dieser so kurzen Strecke die absolute Höhe um 3600 bis 4000 Fuß (1170 bis 1300 m)[123]. Der rundliche, konvexe Teil der gehobenen Ebene hat ungefähr 12000 Fuß (3900 m) im Durchmesser, also ein Areal von mehr als $^1/_3$ einer geographischen Quadratmeile. Der eigentliche Vulkan von Jorullo und die 5 anderen Berge, die sich mit ihm zugleich und auf einer Spalte erhoben haben, liegen so, daß nur ein kleiner Teil des Malpais östlich von ihnen fällt. Gegen Westen ist die Zahl der Hornitos daher um vieles größer, und wenn ich am frühen Morgen aus dem Indianerhäuschen der Playas de Jorullo heraustrat oder einen Teil des Cerro del Mirador bestieg, so sah ich den schwarzen Vulkan sehr malerisch über die Unzahl von weißen Rauchsäulen der „kleinen Oefen“ (Hornitos) hervorragen. Sowohl die Häuser der Playas als der basaltische Hügel Mirador liegen auf dem Niveau des alten unvulkanischen oder, vorsichtiger zu reden, nicht gehobenen Bodens. Die schöne Vegetation desselben, auf dem ein Heer von Salvien unter dem Schatten einer neuen Art der Fächerpalme (Corypha pumos) und einer neuen Ellerart (Alnus Jorullensis) blühen, kontrastiert mit dem öden, pflanzenleeren Anblick des Malpais. Die Vergleichung der Barometerstände[124] des Punktes, wo die Hebung in den Playas anfängt, mit dem Punkte unmittelbar am Fuße des Vulkanes gibt 444 Fuß (144 m) relativer senkrechter Höhe. Das Haus, das wir bewohnten, stand ungefähr nur 500 Toisen (974 m) von dem Rande der Malpais ab. Es fand sich dort ein kleiner senkrechter Absturz von kaum 12 Fuß (4 m) Höhe, von welchem die heiß gewordenen Wasser des Baches

(Rio de San Pedro) herabfallen. Was ich dort am Absturz von dem inneren Bau des Erdreiches untersuchen konnte, zeigte schwarze, horizontale Lettenschichten, mit Sand (Rapilli) gemengt. An anderen Punkten, die ich nicht gesehen, hat Burkart „an der senkrechten Bekränzung des erhobenen Bodens, wo dieser schwer zu ersteigen ist, einen lichtgrauen, wenig dichten (verwitterten) Basalt mit vielen Körnern von Olivin" beobachtet. Dieser genaue und erfahrene Beobachter hat aber an Ort und Stelle, ganz wie ich, die Ansicht von einer durch elastische Dämpfe bewirkten, blasenförmigen Hebung der Erdoberfläche gefaßt, entgegengesetzt der Meinung berühmter Geognosten,[125] welche die Konvexität, die ich durch unmittelbare Messung gefunden, allein dem stärkeren Lavaerguß am Fuße des Vulkanes zuschreiben.

Die vielen Tausende der kleinen Auswurfskegel (eigentlich mehr rundlicher oder etwas verlängerter, backofenartiger Form), welche die gehobene Fläche ziemlich gleichmäßig bedecken, sind im Mittel von 4 bis 9 Fuß (1,3 bis 3 m) Höhe. Sie sind fast allein auf der westlichen Seite des großen Vulkanes emporgestiegen, da ohnedies der östliche Teil gegen den Cerro de Cuiche hin kaum 1/25 des Areales der ganzen blasenförmigen Hebung der Playas ausmacht. Jeder der vielen Hornitos ist aus verwitterten Basaltkugeln zusammengesetzt mit konzentrisch schalig abgesonderten Stücken; ich konnte oft 24 bis 28 solcher Schalen zählen. Die Kugeln sind etwas sphäroidisch abgeplattet, und haben meist 15 bis 18 Zoll (40 bis 47 cm) im Durchmesser, variieren aber auch von 1 bis 3 Fuß (0,3 bis 1 m). Die schwarze Basaltmasse ist von heißen Dämpfen durchdrungen und erdig aufgelöst; doch der Kern ist dichter, während die Schalen, wenn man sie ablöst, gelbe Flecken oxydierten Eisens zeigen. Auch die weiche Lettenmasse, welche die Kugeln verbindet, ist, sonderbar genug, in gekrümmte Lamellen geteilt, die sich durch alle Zwischenräume der Kugeln durchwinden. Ich habe mich bei dem ersten Anblick befragt, ob das Ganze statt verwitterter, sparsam olivinhaltiger Basaltkugeln nicht vielleicht in der Ausbildung begriffene, aber gestörte Massen darböte. Es spricht dagegen die Analogie der wirklichen, mit Thon- und Mergelschichten gemengten Kugelbasalthügel, welche oft von sehr kleinen Dimensionen im böhmischen Mittelgebirge, teils isoliert, teils lange Basaltrücken an beiden Extremen krönend, gefunden werden. Einige der Hornitos sind so aufgelöst oder haben

so große innere Höhlungen, daß Maultiere, wenn man sie zwingt, die Vorderfüße auf die flächeren zu setzen, tief einsinken, wogegen bei ähnlichen Versuchen, die ich machte, die Hügel, welche die Termiten aufbauen, widerstanden.

In der Basaltmasse der Hornitos habe ich keine Schlacken oder Fragmente älterer durchbrochener Gebirgsarten, wie in den Laven des großen Jorullo, eingebacken gefunden. Was die Benennung Hornos oder Hornitos besonders rechtfertigt, ist der Umstand, das in jedem derselben (ich rede von der Epoche, wo ich die Playas de Jorullo durchwanderte und mein Journal niederschrieb, 18. September 1803) die Rauchsäulen nicht aus dem Gipfel, sondern seitwärts ausbrechen. Im Jahre 1780 konnte man noch Cigarren anzünden, wenn man sie, an einen Stab befestigt, 2 bis 3 Zoll (5 bis 8 cm) tief eingrub; in einigen Gegenden war damals durch die Nähe der Hornitos die Luft so erhitzt, daß man Umwege machen mußte, um das Ziel, das man sich vorgesetzt, zu erreichen. Ich fand trotz der Erkaltung, welche nach dem allgemeinen Zeugnis der Indianer die Gegend seit 20 Jahre erlitten hatte, in den Spalten der Hornitos meist 93° und 95° Cent.; 20 Fuß (6,5 m) von einigen Hügeln hatte die umgebende Luft, da, wo keine Dämpfe mich berührten, noch eine Temperatur von 42,5° und 46,8°, wenn die eigentliche Lufttemperatur der Playas zu derselben Stunde kaum 25° war. Die schwach schwefelsauren Dämpfe entfärbten reagierende Papierstreifen, und erhoben sich einige Stunden nach Sonnenaufgang sichtbar bis 60 Fuß Höhe. An einem frühen, kühlen Morgen ist der Anblick der Rauchsäulen am merkwürdigsten. Gegen Mittag, ja schon nach 11 Uhr, sind sie ganz erniedrigt und nur in der Nähe sichtbar. Im Inneren von mehreren der Hornitos hörten wir Geräusch wie Sturz von Wasser. Die kleinen basaltischen Backöfen sind, wie schon oben bemerkt worden ist, leicht zerstörbare Gebäude. Als Burkart, 24 Jahre nach mir, das Malpais besuchte, fand er keinen der Hornitos mehr rauchend; ihre Temperatur war bei den meisten die der umgebenden Luft, und viele hatten alle Regelmäßigkeit der Gestalt durch Regengüsse und meteorische Einflüsse verloren. Dem Hauptvulkan nahe fand Burkart kleine Kegel, die aus einem braunroten Konglomerate von abgerundeten oder eckigen Lavastücken zusammengesetzt waren und nur locker zusammenhingen. Mitten in dem erhabenen, von Hornitos bedeckten Areal sieht man noch ein Ueberbleibsel der alten

Erhöhung, an welche die Gebäude der Meierei San Pedro angelehnt waren. Der Hügel, den ich auf meiner Karte angedeutet, bildet einen Rücken, welcher von Osten nach Westen gerichtet ist, und seine Erhaltung an dem Fuße des großen Vulkanes erregt Erstaunen. Nur ein Teil ist mit dichtem Sande (gebrannten Rapilli) bedeckt. Die hervorstehende Basaltklippe, mit uralten Stämmen von Ficus indica und Psidium bewachsen, ist gewiß, wie die des Cerro del Mirador und der hohen Gebirgsmassen, welche die Ebene im Osten bogenförmig begrenzen, als der Katastrophe präexistierend zu betrachten.

Es bleibt mir übrig, die mächtige Spalte zu beschreiben, auf der in der allgemeinen Richtung von SSW nach NNO sechs aneinander gereihte Vulkane sich erhoben haben. Die partielle Richtung der ersten drei, mehr südlichen und niedrigeren ist SW bis NO; die der folgenden drei fast S bis N. Die Gangspalte ist also gekrümmt gewesen, und hat ihr Streichen ein wenig verändert, in der Totallänge von 1700 Toisen (3312 m). Die hier bezeichnete Richtung der gereihten, aber sich nicht berührenden Berge ist allerdings fast rechtwinkelig mit der Linie, auf welcher nach meiner Bemerkung die mexikanischen Vulkane von Meer zu Meer aufeinander folgen. Diese Differenz nimmt aber weniger wunder, wenn man bedenkt, daß man ein großes geognostisches Phänomen (die Beziehung der Hauptmassen gegeneinander quer durch einen Kontinent) nicht mit den Lokalverhältnissen der Orientation im Inneren einer einzelnen Gruppe verwechseln darf. Der lange Rücken des großen Vulkanes von Pichincha hat auch nicht die Richtung der Vulkanreihe von Quito; und in unvulkanischen Ketten, z. B. im Himalaya, liegen, worauf ich schon früher aufmerksam gemacht habe, die Kulminationspunkte oft fern von der allgemeinen Erhebungslinie der Kette. Sie liegen auf partiellen Schneerücken, die selbst fast einen rechten Winkel mit jener allgemeinen Erhebungslinie bilden.

Von den sechs über der genannten Spalte aufgestiegenen vulkanischen Hügeln scheinen die ersteren drei, die südlicheren, zwischen denen der Weg nach den Kupfergruben von Inguaran durchgeht, in ihrem jetzigen Zustande die unwichtigsten. Sie sind nicht mehr geöffnet, und ganz mit graulich weißem vulkanischen Sande bedeckt, der aber nicht aus Bimsstein besteht; denn von Bimsstein und Obsidian habe ich in dieser Gegend

nichts gesehen. Auch am Jorullo scheint, wie nach der Behauptung Leopolds von Buch und Monticellis am Vesuv, der letzte überdeckende Aschenfall der weiße gewesen zu sein. Der vierte, nördliche Berg ist der große und eigentliche Vulkan von Jorullo, dessen Spitze ich, trotz seiner geringen Höhe (667 Toisen = 1300 m über der Meeresfläche, 180 Toisen = 350 m über dem Malpais am Fuße des Vulkans und 263 Toisen = 513 m über dem alten Boden der Playas), nicht ohne Mühseligkeit am 19. September 1803 mit Bonpland und Carlos Montufar erreicht habe. Wir glaubten am sichersten in den damals noch mit heißen Schwefeldämpfen gefüllten Krater zu gelangen, wenn wir den schroffen Rücken des mächtigen Lavastromes erstiegen, welcher aus dem Gipfel selbst ausgebrochen ist. Der Weg ging über eine krause, schlackige, koks- oder vielmehr blumenkohlartig angeschwollene, hellklingende Lava. Einige Teile haben einen metallischen Glanz, andere sind basaltartig und voll kleiner Olivinkörner. Als wir uns so in 667 Fuß (217 m) senkrechter Höhe bis zur oberen Fläche des Lavastromes erhoben hatten, wendeten wir uns zum weißen Aschenkegel, an dem wegen seiner großen Steilheit man fürchten mußte, bei dem häufigsten und beschleunigten Herabrutschen durch den Stoß an die zackige Lava schmerzhaft verwundet zu werden. Der obere Rand des Kraters, an dessen südwestlichem Teile wir die Instrumente aufstellten, bildet einen Ring von der Breite weniger Fuße. Wir trugen das Barometer von dem Rande in den ovalen Krater des abgestumpften Kegels. An einer offenen Kluft strömt Luft aus von 93,7° Cent. Temperatur. Wir standen nun 140 Fuß (45 m) senkrecht unter dem Kraterrande, und der tiefste Punkt des Schlundes, welchen wir des dicken Schwefeldampfes wegen zu erreichen aufgeben mußten, schien auch nur noch einmal so tief zu sein. Der geognostische Fund, welcher uns am meisten interessierte, war die Entdeckung mehrerer in die schwarzbasaltische Lava eingebackener, scharfbegrenzter weißer, feldspatreicher Stücke einer Gebirgsart von 3 bis 4 Zoll (8 bis 10 cm) Durchmesser. Ich hielt dieselben zuerst[126] für Syenit; aber zufolge der genauen Untersuchung eines von mir mitgebrachten Fragmentes durch Gustav Rose gehören sie wohl eher zu der Granitformation, welche der Oberbergrat Burkart auch unter dem Syenit des Rio de las Balsas hat zu Tage kommen sehen. „Der Einschluß ist ein Gemenge von Quarz und Feldspat. Die schwarzgrünen Flecken scheinen

mit etwas Feldspat zusammengeschmolzener Glimmer, nicht Hornblende, zu sein. Das eingebackene weiße Bruchstück ist durch vulkanische Hitze gespalten, und in dem Risse laufen weiße, zahnförmige, geschmolzene Fäden von einem Rande zum anderen."

Nördlicher als der große Vulkan von Jorullo und der schlackige Lavaberg, den er ausgespieen, in der Richtung der alten Basalte des Cerro del Mortero, folgen die beiden letzten der oft genannten 6 Eruptionen. Auch diese Hügel waren anfangs sehr wirksam, denn das Volk nennt noch jetzt den äußersten Aschenberg el Volcancito. Eine nach Westen geöffnete weite Spalte trägt hier die Spuren eines zerstörten Kraters. Der große Vulkan scheint, wie der Epomeo auf Ischia, nur einmal einen mächtigen Lavastrom ergossen zu haben. Daß seine lavaergießende Thätigkeit über die Epoche des ersten Ausbruches hinaus gedauert habe, ist nicht historisch erwiesen, denn der seltene, glücklich aufgefundene Brief des Pater Joaquin de Ansogorri, kaum zwanzig Tage nach dem ersten Ausbruch geschrieben, handelt fast allein von den Mitteln, „Pastoraleinrichtungen für die bessere Seelsorge der vor der Katastrophe geflohenen und zerstreuten Landleute" zu treffen; für die folgenden 30 Jahre bleiben wir ohne alle Nachricht. Wenn die Sage sehr allgemein von Feuern spricht, die eine so große Fläche bedeckten, so ist allerdings zu vermuten, daß alle 6 Hügel auf der großen Spalte und ein Teil des Malpais selbst, in welchem die Hornitos erschienen sind, gleichzeitig entzündet waren. Die Wärmegrade der umgebenden Luft, die ich selbst noch gemessen, lassen auf die Hitze schließen, welche 43 Jahre früher dort geherrscht hat; sie mahnen an den urweltlichen Zustand unseres Planeten, in dem die Temperatur seiner Lufthülle und mit dieser die Verteilung des organischen Lebens, bei thermischer Einwirkung des Inneren mittels tiefer Klüfte (unter jeglicher Breite und in langen Zeitperioden) modifiziert werden konnte.

Man hat, seitdem ich die Hornitos, welche den Vulkan von Jorullo umgeben, beschrieben habe, manche analoge Gerüste in verschiedenen Weltgegenden mit diesen backofenähnlichen kleinen Hügeln verglichen. Mir scheinen die mexikanischen, ihrer inneren Zusammensetzung nach, bisher noch sehr kontrastierend und isoliert dazustehen. Will man Auswurfskegel alle Erhebungen nennen, welche Dämpfe ausstoßen, so verdienen die Hornitos allerdings die Benennung

von Fumarolen. Die Benennung Auswurfskegel würde aber zu der irrigen Meinung leiten, als seien Spuren vorhanden, daß die Hornitos je Schlacken ausgeworfen oder gar, wie viele Auswurfskegel, Lava ergossen haben. Ganz verschieden z. B. sind, um an ein größeres Phänomen zu erinnern, in Kleinasien, auf der vormaligen Grenze von Mysien und Phrygien, in dem alten Brandlande (Katakekaumene), „in welchem es sich (wegen der Erdbeben) gefahrvoll wohnt", die drei Schlünde, die Strabo φῦσαι, Blasebälge, nennt, und die der verdienstvolle Reisende William Hamilton wieder aufgefunden hat.[127] Auswurfskegel, wie sie die Insel Lancerote bei Tinguaton, oder Unteritalien, oder (von kaum 20 Fuß = 6,5 Höhe) der Abhang des großen kamtschadalischen Vulkanes Awatscha[128] zeigen, den mein Freund und sibirischer Reisegefährte, Ernst Hofmann, im Juli 1824 erstiegen, bestehen aus Schlacken und Asche, die einen kleinen Krater, welcher sie ausgestoßen hat und von ihnen wieder verschüttet worden ist, umgeben. An den Hornitos ist nichts Kraterähnliches zu sehen, und sie bestehen, was ein wichtiger Charakter ist, aus bloßen Basaltkugeln mit schalig abgesonderten Stücken, ohne Einmischung loser, eckiger Schlacken. Am Fuße des Vesuvs, bei dem mächtigen Ausbruch von 1794 (wie auch in früheren Epochen), bildeten sich, auf einer Längenspalte gereiht, acht verschiedene kleine Eruptionskrater, bocche nuove, die sogenannten parasitischen Ausbruchskegel, lavaergießend und schon dadurch den Jorullo-Hornitos gänzlich entfremdet. „Ihre Hornitos", schrieb mir Leopold von Buch, „sind nicht durch Auswürflinge aufgehäufte Kegel; sie sind unmittelbar aus dem Erdinneren gehoben." Die Entstehung des Vulkanes von Jorullo selbst wurde von diesem großen Geologen mit der des Monte nuovo in den phlegräischen Feldern verglichen. Dieselbe Ansicht der Erhebung von 6 vulkanischen Bergen auf einer Längenspalte hat sich (s. oben S. 243) dem Oberst Riaño und dem Bergkommissär Fischer 1789, mir bei dem ersten Anblick 1803, Herrn Burkart 1827 als die wahrscheinlichere aufgedrängt. Bei beiden neuen Bergen, entstanden 1538 und 1759, wiederholen sich dieselben Fragen. Ueber den süditalischen sind die Zeugnisse von Falconi, Pietro Giacomo di Toledo, Francesco del Nero und Porzio umständlicher, der Zeit der Katastrophe nahe und von gebildeteren Beobachtern abgefaßt. Eines dieser Zeugnisse, das gelehrteste des berühmten Porzio sagt: „Magnus terrae

tractus, qui inter radices montis, quem Barbarum incolae appellant, et mare juxta Avernum jacet, sese *erigere videbatur* et montis subito nascentis figuram imitari. Iste terrae cumulus aperto veluti ore magnos ignes evomuit, pumicesque et lapides, cineresque." [129]

Von der hier vervollständigten geognostischen Beschreibung des Vulkanes von Jorullo gehen wir zu den östlicheren Teilen von Mittelmexiko (Anahuac) über. Nicht zu verkennende Lavaströme, von meist basaltartiger Grundmasse, hat der Pik von Orizaba nach den neuesten interessanten Forschungen von Pieschel (März 1854) und H. de Saussure ergossen. Die Gebirgsart des Pik von Orizaba, wie die des von mir erstiegenen großen Vulkanes von Toluca, [130] ist aus Hornblende, Oligoklas und etwas Obsidian zusammengesetzt, während die Grundmasse des Popocatepetl ein Chimborazogestein ist, zusammengesetzt aus sehr kleinen Kristallen von Oligoklas und Augit. An dem Fuße des östlichen Abhanges des Popocatepetl, westlich von der Stadt la Puebla de los Angeles, habe ich in dem Llano de Tetimpa, wo ich die Base zu den Höhenbestimmungen der beiden großen, das Thal von Mexiko begrenzenden Nevados (Popocatepetl und Iztaccihuatl) gemessen, 7000 Fuß (2270 m) über dem Meere ein weites und rätselhaftes Lavafeld aufgefunden. Es heißt das Malpais (rauhe Trümmerfeld) von Atlachayacatl, einer niedrigen Trachytkuppe, an deren Abhange der Rio Atlaco entspringt, und erstreckt sich, 60 bis 80 Fuß (20 bis 26 m) über die angrenzende Ebene prallig erhoben, von Osten nach Westen, also rechtwinkelig den Vulkanen zulaufend. Von dem indianischen Dorfe San Nicolas de los Ranchos bis nach San Buenaventura schätzte ich die Länge des Malpais über 18000 (5850 m), seine Breite 6000 Fuß (1950 m). Es sind schwarze, teilweise aufgerichtete Lavaschollen von grausig wildem Ansehen, nur sparsam hier und da mit Lichenen überzogen, kontrastierend mit der gelblich weißen Bimssteindecke, die weit umher alles überzieht. Letztere besteht hier aus grobfaserigen Fragmenten von 2 bis 3 Zoll (5 bis 8 cm) Durchmesser, in denen bisweilen Hornblendekristalle liegen. Dieser gröbere Bimssteinsand ist von dem sehr feinkörnigen verschieden, welcher an dem Vulkan Popocatepetl, nahe am Fels el Frayle und an der ewigen Schneegrenze, das Bergbesteigen so gefährlich macht, weil, wenn er an steilen Abhängen sich in Bewegung setzt, die herabrollende Sandmasse alles überschüttend zu vergraben

droht. Ob dieses Lavatrümmerfeld (im Spanischen Malpais, in Sizilien Sciarra viva, in Island Odhada-Hraun) alten, übereinander gelagerten Seitenausbrüchen des Popocatepetl angehört oder dem etwas abgerundeten Kegelberge Tetliyolo (Cerro de Corazon de Piedra), kann ich nicht entscheiden. Geognostisch merkwürdig ist noch, daß östlicher, auf dem Wege nach der kleinen Festung Perote, dem altaztekischen Pinahuizapan, sich zwischen Ojo de Agua, Venta de Soto und el Portachuelo die vulkanische Formation von grobfaserigem, weißem, zerbröckelndem Perlstein[131] neben einem wahrscheinlich tertiären Kalkstein (Marmol de la Puebla) erhebt. Dieser Perlstein ist dem der konischen Hügel von Zinapecuaro (zwischen Mexiko und Valladolid) sehr ähnlich und enthält, außer Glimmerblättchen und Knollen von eingewachsenem Obsidian, auch eine glasige, bläulich-graue, zuweilen rote, jaspisartige Streifung. Das weite Perlsteingebiet ist hier mit feinkörnigem Sande verwitterten Perlsteines bedeckt, welchen man auf den ersten Anblick für Granitsand halten könnte und welcher, trotz seiner Entstehungsverwandtschaft, doch von dem eigentlichen, graulichweißen Bimssteinsande leicht zu unterscheiden ist. Letzterer gehört mehr der näheren Umgegend von Perote an, dem 7000 Fuß (2270 m) hohen Plateau zwischen den zwei vulkanischen, Nord-Süd streichenden Ketten des Popocatepetl und des Orizaba.

Wenn man auf dem Wege von Mexiko nach Veracruz von den Höhen des quarzlosen, trachytartigen Porphyrs der Vigas gegen Canoas und Jalapa anfängt herabzusteigen, überschreitet man wieder zweimal Trümmerfelder von schlackiger Lava, das erste Mal zwischen der Station Parage de Carros und Canoas oder Tochtlacuaya, das zweite Mal zwischen Canoas und der Station Casas de la Hoya. Der erste Punkt wird wegen der vielen aufgerichteten, basaltischen, olivinreichen Lavaschollen Loma de Tablas, der zweite schlechthin el Malpais genannt. Ein kleiner Rücken desselben trachytartigen Porphyrs, voll glasigen Feldspats, welcher bei la Cruz blanca und Rio frio (am westlichen Abfall der Höhe von las Vigas) dem Arenal (den Perlsteinsandfeldern) gegen Osten eine Grenze setzt, trennt die eben genannten beiden Zweige des Trümmerfeldes, die Loma de Tablas und das um vieles breitere Malpais. Die der Gegend Kundigen unter dem Landvolke behaupten, daß der Schlackenstreifen sich gegen Süd-Süd-West, also gegen den Cofre de Perote hin, ver-

längere. Da ich den Cofre selbst bestiegen und viele Messungen an ihm vorgenommen[132] habe, so bin ich wenig geneigt gewesen, aus einer allerdings sehr wahrscheinlichen Verlängerung des Lavastromes (als ein solcher ist er in meinen Profilen, Tab. 9 und 11, wie in dem Nivellement barométrique bezeichnet) zu folgern, daß derselbe jenem so sonderbar gestalteten Berge selbst entflossen sei. Der Cofre de Perote, zwar an 1300 Fuß (422 m) höher als der Pik von Tenerifa, aber unbedeutend im Vergleich mit den Kolossen Popocatepetl und Orizaba, bildet wie Pichincha einen langen Felsrücken, auf dessen südlichem Ende der kleine Felskubus (la Peña) steht, dessen Form zu der altaztekischen Benennung Nauhcampatepetl Anlaß gegeben hat. Der Berg hat mir bei der Besteigung keine Spur von einem eingestürzten Krater oder von Ausbruchmündungen an seinen Abhängen, keine Schlackenmassen, keine ihm gehörige Obsidiane, Perlstein oder Bimssteine gezeigt. Das schwärzlich-graue Gestein ist sehr einförmig aus vieler Hornblende und einer Feldspatart zusammengesetzt, welche nicht glasiger Feldspat (Sanidin), sondern Oligoklas ist, was dann die ganze Gebirgsart, welche nicht porös ist, zu einem dioritartigen Trachyte stempeln würde. Ich schildere die Eindrücke, die ich empfangen. Ist das grausige, schwarze Trümmerfeld (Malpais), bei dem ich hier absichtlich verweile, um der allzu einseitigen Betrachtung vulkanischer Kraftäußerungen aus dem Inneren entgegenzuarbeiten, auch nicht dem Cofre de Perote selbst an einer Seitenöffnung entflossen, so kann doch die Erhebung dieses isolierten, 12714 Fuß (4130 m) hohen Berges die Veranlassung zu der Entstehung der Loma de Tablas gewesen sein. Es können bei einer solchen Erhebung weit umher durch Faltung des Bodens Längenspalten und Spaltengewebe entstanden sein, aus denen unmittelbar geschmolzene Massen ohne Bildung eigener Berggerüste (geöffneter Kegel oder Erhebungskrater) sich bald als dichte Massen, bald als schlackige Lava ergossen haben. Sucht man nicht vergebens in den großen Gebirgen von Basalt und Porphyrschiefer nach Centralpunkten (Kraterbergen) oder niedrigeren, umwallten kreisförmigen Schlünden, denen man ihre gemeinsame Erscheinung zuschreiben könnte? Die sorgfältigste Trennung dessen, was in den Erscheinungen genetisch verschieden ist, formbildend in Kegelbergen mit offen gebliebenen Gipfelkratern und Seitenöffnungen, oder in umwallten Erhebungskratern und Maaren,

oder teils aufgestiegen als geschlossene Glockenberge oder geöffnete Kegel, teils ergossen aus zusammenscharenden Spalten, ist ein Gewinn für die Wissenschaft. Sie ist es schon deshalb, weil die Mannigfaltigkeit der Ansichten, welche ein erweiterter Horizont der Beobachtung notwendig hervorruft, die streng kritische Vergleichung des Seienden mit dem, wovon man vorgibt, daß es die einzige Form der Entstehung sei, am kräftigsten zur Untersuchung anregt. Ist doch auf europäischem Boden selbst, auf der an heißen Quellen reichen Insel Euböa, zu historischen Zeiten in der großen Ebene von Lelanton (fern von allen Bergen) aus einer Spalte ein mächtiger Lavastrom ergossen worden.

In der auf die mexikanische gegen Süden zunächst folgenden Vulkangruppe von Centralamerika, wo 18 Kegel- und Glockenberge als jetzt noch entzündet betrachtet werden können, sind 4 (Nindiri, el Nuevo, Conseguina und San Miguel de Bosotlan) als Lavaströme gebend erkannt worden. Die Berge der dritten Vulkangruppe, der von Popayan und Quito, stehen bereits seit mehr als einem Jahrhundert in dem Rufe, keine Lavaströme, sondern nur unzusammenhängende aus dem alleinigen Gipfelkrater ausgestoßene, oft reihenartig herabrollende, glühende Schlackenmassen zu geben. Dies war schon die Meinung[133] von La Condamine, als er im Frühjahr 1743 das Hochland von Quito und Cuenca verließ. Er hatte 14 Jahre später, da er von einer Besteigung des Vesuvs (4. Juni 1757) zurückkehrte, bei welcher er die Schwester Friedrichs des Großen, die Markgräfin von Baireuth, begleitete, Gelegenheit, sich in einer akademischen Sitzung über den Mangel von eigentlichen Lavaströmen (laves coulées par torrens de matières liquefiées) aus den Vulkanen von Quito lebhaft zu äußern. Das in der Sitzung vom 20. April 1757 gelesene Journal d'un Voyage en Italie erschien erst 1762 in den Mémoires der Pariser Akademie, und ist für die Geschichte der Erkennung alter ausgebrannter Vulkane in Frankreich auch darum geognostisch von einiger Wichtigkeit, weil La Condamine in demselben Tagebuche mit dem ihm eigenen Scharfsinn, ohne von Guettards, allerdings früheren Behauptungen etwas zu wissen,[134] sich sehr bestimmt über die Existenz alter Kraterseen und ausgebrannter Vulkane im mittleren und nördlichen Italien wie im südlichen Frankreich ausspricht.

Eben dieser auffallende Kontrast zwischen den so früh

erkannten, schmalen und unbezweifelten Lavaströmen der Auvergne und der oft nur allzu absolut behaupteten Abwesenheit jedes Lavaergusses in den Kordilleren hat mich während der ganzen Dauer meiner Expedition ernsthaft beschäftigt. Alle meine Tagebücher sind voll von Betrachtungen über dieses Problem, dessen Lösung ich lange in der absoluten Höhe der Gipfel und in der Mächtigkeit der Umwallung, d. i. der Einsenkung trachytischer Kegelberge in 8000 bis 9000 Fuß (2600 bis 2920 m) hohen Bergebenen von großer Breite gesucht habe. Wir wissen aber jetzt, daß ein 16000 Fuß (5200 m) hoher, Schlacken auswerfender Vulkan von Quito, der von Macas, ununterbrochen um vieles thätiger ist als die niedrigen Vulkane Izalco und Stromboli; wir wissen, daß die östlichen Dom- und Kegelberge, Antisana und Sangay, gegen die Ebene des Napo und Pastaza, die westlichen, Pichincha, Iliniza und Chimborazo, gegen die Zuflüsse des Stillen Ozeans hin freie Abhänge haben. Auch unumwallt ragt bei vielen der obere Teil noch 8000 bis 9000 Fuß (2600 bis 2920 m) hoch über die Hochebene empor. Dazu sind ja alle diese Höhen über der Meeresfläche, welche, wenngleich nicht ganz mit Recht, als die mittlere Höhe der Erdoberfläche betrachtet wird, unbedeutend in Hinsicht auf die Tiefe, in welcher man den Sitz der vulkanischen Thätigkeit und die zur Schmelzung der Gesteinmassen nötige Temperatur vermuten kann.

Die einzigen schmäleren Lavaausbrüchen ähnlichen Erscheinungen, die ich in den Cordilleras von Quito aufgefunden, sind diejenigen, welche der Bergkoloß des Antisana, dessen Höhe ich durch eine trigonometrische Messung auf 17952 Fuß (5833 m) bestimmt habe, darbietet. Da die Gestaltung hier die wichtigsten Kriterien an die Hand gibt, so werde ich die systematische und den Begriff der Entstehung zu eng beschränkende Benennung Lava gleich anfangs vermeiden und mich nur ganz objektiv der Bezeichnungen von „Felstrümmern" oder „Schuttwällen" (traînées de masses volcaniques) bedienen. Das mächtige Gebirge des Antisana bildet in 12625 Fuß (4104 m) Höhe eine fast ovalförmige, in langem Durchmesser über 12500 Toisen (24,3 km) weite Ebene, aus welcher inselförmig der mit ewigem Schnee bedeckte Teil des Vulkanes aufsteigt. Der höchste Gipfel ist abgerundet und domförmig. Der Dom ist durch einen kurzen zackigen Rücken mit einem gegen Norden vorliegenden, abgestumpften Kegel verbunden. In der, teils öden und sandigen,

teils mit Gras bedeckten Hochebene (dem Aufenthalt einer sehr mutigen Stierrasse, welche wegen des geringen Luftdruckes leicht Blut aus Mund und Nasenlöchern ausstoßen, wenn sie zu großer Muskelanstrengung angeregt werden) liegt eine kleine Meierei (Hacienda), ein einzelnes Haus, in welchem wir bei einer Temperatur von 3,7° bis 9° Cent. vier Tage zubrachten. Die große Ebene, keineswegs umwallt, wie in Erhebungskratern, trägt die Spuren eines alten Seebodens. Als Rest der alten Wasserbedeckung ist westlich von den Altos de la Moya die Laguna Mica zu betrachten. Am Rande der ewigen Schneegrenze entspringt der Rio Tinajillas, welcher später unter dem Namen Rio de Quiros ein Zufluß des Maspa, des Napo und des Amazonenflusses wird. Zwei Steinwälle, schmale mauerförmige Erhöhungen, welche ich auf dem von mir aufgenommenen Situationsplane vom Antisana als coulées de laves bezeichnet habe, und welche die Eingeborenen Volcan de la Hacienda und Yana Volcan (yana bedeutet schwarz oder braun in der Quechhuasprache) nennen, gehen bandförmig aus von dem Fuße des Vulkanes am unteren Rande der ewigen Schneegrenze, vom südwestlichen und nördlichen Abhange, und erstrecken sich, wie es scheint, mit sehr mäßigem Gefälle, in der Richtung von NO bis SW über 2000 Toisen (3900 m) weit in die Ebene hinein. Sie haben bei sehr geringer Breite wohl eine Höhe von 180 bis 200 Fuß (58 bis 65 m) über dem Boden der Llanos de la Hacienda, de Santa Lucia und del Cuvillan. Ihre Abhänge sind überall sehr schroff und steil, selbst an den Endpunkten. Sie bestehen in ihrem jetzigen Zustande aus schaligen, meist scharfkantigen Felstrümmern eines schwarzen basaltischen Gesteins, ohne Olivin und Hornblende, aber sparsam kleine weiße Feldspatkristalle enthaltend. Die Grundmasse hat oft einen pechsteinartigen Glanz und enthielt Obsidian eingemengt, welcher besonders in sehr großer Menge und noch deutlicher in der sogenannten Cueva de Antisana zu erkennen war, deren Höhe wir zu 14958 Fuß (4861 m) fanden. Es ist keine eigentliche Höhle, sondern ein Schutz, welchen den bergbesteigenden Viehhirten und also auch uns gegeneinander gefallene und sich wechselseitig unterstützende Felsblöcke bei einem furchtbaren Hagelschauer gewährten. Die Cueva liegt etwas nördlich von dem Volcan de la Hacienda. In den beiden schmalen Steinwällen, die das Ansehen erkalteter Lavaströme haben, zeigen sich die Tafeln und Blöcke

teils an den Rändern schlackig, ja schwammartig aufgetrieben, teils verwittert und mit erdigem Schutt gemengt.

Analoge, aber mehr zusammengesetzte Erscheinungen bietet ein anderes, ebenfalls bandartiges Steingerölle dar. Es liegen nämlich an dem östlichen Abfalle des Antisana, wohl um 1200 Fuß (390 m) senkrecht tiefer als die Ebene der Hacienda, in der Richtung nach Pinantura und Pintac hin, zwei kleine runde Seen, von denen der nördlichere Ansango, der südlichere Lecheyacu heißt. Der erste hat einen Inselfels und wird, was sehr entscheidend ist, von Bimssteingerölle umgeben. Jeder dieser Seen bezeichnet den Anfang eines Thales; beide Thäler vereinigen sich, und ihre erweiterte Fortsetzung führt den Namen Volcan de Ansango, weil von dem Rande beider Seen schmale Felstrümmerzüge, ganz den zwei Steinwällen der Hochebene, die wir oben beschrieben haben, ähnlich, nicht etwa die Thäler ausfüllen, sondern sich in der Mitte derselben dammartig bis zu 200 und 250 Fuß (65 bis 81 m) Höhe erheben. Ein Blick, auf den Situationsplan geworfen, den ich in dem Atlas géographique et physique meiner amerikanischen Reise (Pl. 26) veröffentlicht, wird diese Verhältnisse verdeutlichen. Die Blöcke sind wieder teils scharfkantig, teils an den Rändern verschlackt, ja koksartig gebrannt. Es ist eine basaltartige, schwarze Grundmasse mit sparsam eingesprengtem glasigen Feldspat; einzelne Fragmente sind schwarzbraun und von mattem Pechsteinglanze. So basaltartig auch die Grundmasse erscheint, fehlt doch ganz in derselben der Olivin, welcher so häufig am Rio Pisque und bei Guallabamba sich findet, wo ich 68 Fuß (22 m) hohe und 3 Fuß (1 m) dicke Basaltsäulen sah, die gleichzeitig Olivin und Hornblende eingesprengt enthalten. In dem Steinwalle von Ansango deuten viele Tafeln, durch Verwitterung gespalten, auf Porphyrschiefer. Alle Blöcke haben eine gelbbraune Verwitterungskruste. Da man den Trümmerzug (los derrumbamientos, la reventazon nennen es die spanisch redenden Eingeborenen) vom Rio del Molino unfern der Meierei von Pintac aufwärts bis zu den von Bimsstein umgebenen kleinen Kraterseen (mit Wasser gefüllten Schlünden) verfolgen kann, so ist natürlich die Meinung wie von selbst entstanden, daß die Seen die Oeffnungen sind, aus welchen die Steinblöcke an die Oberfläche kamen. Wenige Jahre vor meiner Ankunft in dieser Gegend hatte ohne bemerkbare vorhergegangene Erderschütterung der Trümmerzug sich auf der geneigten Fläche

wochenlang in Bewegung gesetzt, und durch den Drang und Stoß der Steinblöcke waren einige Häuser bei Pintac umgestürzt worden. Der Trümmerzug von Ansango ist noch ohne alle Spur von Vegetation, die man schon, wenngleich sehr sparsam, auf den zwei, gewiß älteren, mehr verwitterten Ausbrüchen der Hochebene von Antisana findet.

Wie soll diese Art der Aeußerung vulkanischer Thätigkeit benannt [135] werden, deren Wirkung ich schildere? Haben wir hier zu thun mit Lavaströmen? Oder nur mit halb verschlackten und glühenden Massen, die unzusammenhängend, aber in Zügen, dicht aneinander gedrängt (wie in uns sehr nahen Zeiten am Cotopaxi) ausgestoßen werden? Sind die Steinwälle vom Yanavulkan und Ansango vielleicht gar feste fragmentarische Massen gewesen, welche ohne erneuerte Erhöhung der Temperatur aus dem Inneren eines vulkanischen Kegelberges, in dem sie lose angehäuft und also schlecht unterstützt lagen, von Erdbeben erschüttert und keine lokalen Erdbeben erregend, durch Stoß oder Fall getrieben, ausbrachen? Ist keine der drei angedeuteten, so verschiedenartigen Aeußerungen der vulkanischen Thätigkeit hier anwendbar, und sind die linearen Anhäufungen von Felstrümmern auf Spalten an den Orten, wo sie jetzt liegen (am Fuße und in der Nähe eines Vulkans), erhoben worden? Die beiden Trümmerwälle in der so wenig geneigten Hochebene, Volcan de la Hacienda und Yana Volcan genannt, die ich einst, doch nur mutmaßlich, als erkaltete Lavaströme angesprochen, scheinen mir heute noch, in so alter Erinnerung, wenig die letztere Ansicht Unterstützendes darzubieten. Bei dem Volcan de Ansango, dessen Trümmerreihe man wie ein Strombette bis zu den Bimssteinrändern von zwei kleinen Seen ohne Unterbrechung verfolgen kann, widerspricht allerdings das Gefälle, der Niveauunterschied von Pinantura (1482 Toisen = 2888 m) und Lecheyacu (1900 Toisen = 3702 m) in einem Abstande von etwa 7700 Toisen (15 km) keineswegs dem, was wir jetzt von den im Mittelwerte so geringen Neigungswinkeln der Lavaströme zu wissen glauben. Aus dem Niveauunterschiede von 418 Toisen (814 m) folgt eine Neigung von 3° 6′. Ein partielles Aufsteigen des Bodens in der Mitte der Thalsohle würde nicht einmal ein Hindernis scheinen, weil Rückstauungen flüssiger, thalaufwärts getriebener Massen z. B. bei der Eruption des Skaptar Jökul auf Island im Jahre 1783 beobachtet worden sind (Naumann, Geognosie Bd. I, S. 160).

Das Wort Lava bezeichnet keine besondere mineralische Zusammensetzung des Gesteines, und wenn Leopold von Buch sagt, daß alles Lava ist, was im Vulkan fließt und durch seine Flüssigkeit neue Lagerstätten annimmt, so füge ich hinzu, daß auch nicht von neuem Flüssiggewordenes, aber in dem Inneren eines vulkanischen Kegels Enthaltenes, seine Lagerstätte verändern kann. Schon in der ersten Beschreibung meines Versuches, den Gipfel des Chimborazo zu ersteigen (veröffentlicht erst 1837 in Schumachers Astronomischem Jahrbuch) habe ich diese Vermutung geäußert, indem ich von den merkwürdigen „Stücken von Augitporphyr sprach, welche ich am 23. Juni 1802 in 18000 Fuß (5850 m) Höhe auf dem schmalen zum Gipfel führenden Felskamm in losen Stücken von 12 bis 14 Zoll (32 bis 37 cm) Durchmesser sammelte. Sie waren kleinzellig, mit glänzenden Zellen, porös und von roter Farbe. Die schwärzesten unter ihnen sind bisweilen bimssteinartig leicht und wie frisch durch Feuer verändert. Sie sind indes nie in Strömen lavaartig geflossen, sondern wahrscheinlich auf Spalten an dem Abhange des früher emporgehobenen glockenförmigen Berges herausgeschoben." Diese genetische Erklärungsweise könnte reichhaltige Unterstützung finden durch die Vermutungen Boussingaults, der die vulkanischen Kegel selbst „als einen Haufen ohne alle Ordnung übereinander getürmter, in starrem Zustande gehobener, eckiger Trachyttrümmer betrachtet. Da nach der Anhäufung die zertrümmerten Felsmassen einen größeren Raum als vor der Zertrümmerung einnehmen, so bleiben zwischen ihnen große Höhlungen, indem durch Druck und Stoß (die Wirkung der vulkanischen Dampfkraft abgerechnet) Bewegung entsteht". Ich bin weit entfernt, an dem partiellen Vorkommen solcher Bruchstücke und Höhlungen, die sich in den Nevados mit Wasser füllen, zu zweifeln, wenn auch die schönen, regelmäßigen, meist ganz senkrechten Trachytsäulen vom Pico de los Ladrillos und Tablahuma am Pichincha, und vor allem über dem kleinen Wasserbecken Yana-Cocha am Chimborazo mir an Ort und Stelle gebildet scheinen. Mein teurer und vieljähriger Freund Boussingault, dessen chemisch-geognostische und meteorologische Ansichten ich immer gern teile, hält, was man den Vulkan von Ansango nennt und was mir jetzt eher als ein Trümmerausbruch aus zwei kleinen Seitenkratern (am westlichen Antisana, unterhalb des Chusulongo) erscheint, für Hebung von Blöcken [136] auf lange Spalten. Er dringt,

da er 30 Jahre nach mir selbst diese Gegend scharfsinnig durchforscht hat, auf die Analogie, welche ihm die geognostischen Verhältnisse des Ausbruches von Ansango zum Antisana und des Yana-Urcu, von dem ich einen besonderen Situationsplan aufgenommen, zum Chimborazo darzubieten scheinen. Zu dem Glauben an eine Erhebung auf Spalten unmittelbar unter der ganzen linearen Erstreckung des Trümmerzuges von Ansango war ich weniger geneigt, da dieser Trümmerzug, wie ich schon mehrmals erinnert, an seiner oberen Extremität auf die zwei, jetzt mit Wasser bedeckten Schlünde hinweist. Unfragmentarische mauerartige Erhebungen von großer Länge und gleichmäßiger Richtung sind mir übrigens gar nicht fremd, da ich sie in unserer Hemisphäre, in der chinesischen Mongolei, in flözartig gelagerten Granitbänken gesehen und beschrieben habe. [137]

Der Antisana hat einen Feuerausbruch im Jahre 1590 und einen anderen im Anfange des vorigen Jahrhunderts, wahrscheinlich 1728, gehabt. Nahe dem Gipfel an der nordnord-östlichen Seite bemerkt man eine schwarze Felsmasse, auf der selbst frischgefallener Schnee nicht haftet. An diesem Punkte sah man im Frühjahr 1801 mehrere Tage lang, zu einer Zeit, wo der Gipfel auf allen Seiten völlig frei von Gewölk war, eine schwarze Rauchsäule aufsteigen. Wir gelangten, Bonpland, Carlos Montufar und ich, am 16. März 1802 auf einer Felsgräte, die mit Bimsstein und schwarzen, basaltartigen Schlacken bedeckt war, in der Region des ewigen Schnees bis 2837 Toisen (5529 m), also 2213 Fuß (751 m) höher als der Montblanc. Der Schnee war, was unter den Tropen so selten ist, fest genug, um uns an mehreren Punkten neben der Felsgräte zu tragen (Lufttemperatur — 1,8° bis + 1,4° Cent.). An dem mittägigen Abhange, welchen wir nicht bestiegen, an der Piedra de azufre, wo sich Gesteinschalen bisweilen durch Verwitterung von selbst ablösen, findet man reine Schwefelmassen von 10 bis 12 Fuß (2 bis 4 m) Länge und 2 Fuß (60 cm) Dicke; Schwefelquellen fehlen in der Umgegend.

Obgleich in der östlichen Kordillere der Vulkan Antisana und besonders sein westlicher Abhang (von Ansango und Pinantura gegen das Dörfchen Pedregal hin) durch den ausgebrannten Vulkan Pasuchoa [138] mit seinem weit erkennbaren Krater (la Peila), durch den Nevado Sinchulahua und den niedrigen Rumiñaui vom Cotopaxi getrennt sind, so ist doch

eine gewisse Aehnlichkeit zwischen den Gebirgsarten beider Kolosse. Vom Quinche an hat die ganze östliche Andeskette Obsidian hervorgebracht, und doch gehören el Quinche, Antisana und Pasuchoa zu dem Bassin, in welchem die Stadt Quito liegt, während Cotopaxi ein anderes Bassin begrenzt, das von Lactacunga, Hambato und Riobamba. Der kleine Bergknoten der Altos von Chisinche trennt nämlich, einem Damme gleich, die beiden Becken, und, was dieser Kleinheit wegen auffallend genug ist, die Wasser des nördlichen Abfalles von Chisinche gehen durch die Rios de San Pedro, de Pita und de Guallabamba in die Südsee, wenn die des südlichen Abhanges durch den Rio Alaques und de San Felipe dem Amazonenstrom und dem Atlantischen Ozean zufließen. Die Gliederung der Kordilleren durch Bergknoten und Bergdämme (bald niedrig, wie die eben genannten Altos, bald an Höhe gleich dem Montblanc, wie am Wege über den Paso del Asuay) scheint ein neueres und auch minder wichtiges Phänomen zu sein als die Erhebung der geteilten parallelen Bergzüge selbst. Wie der Cotopaxi, der mächtigste aller Vulkane von Quito, viele Analogie in dem Trachytgestein mit dem Antisana darbietet, so findet man auch an den Abhängen des Cotopaxi, und in größerer Zahl, die Reihen von Felsblöcken (Trümmerzüge) wieder, welche uns oben lange beschäftigt haben.

Es lag den Reisenden besonders daran, diese Reihen bis an ihren Ursprung oder vielmehr bis dahin zu verfolgen, wo sie unter der ewigen Schneedecke verborgen liegen. Wir stiegen an dem südwestlichen Abhange des Vulkanes von Mulalo (Mulahalo) aus, längs dem Rio Alaques, der sich aus dem Rio de los Baños und dem Rio Barrancas bildet, nach Pansache (11 322 Fuß = 3677 m) aufwärts, wo wir die geräumige Casa del Paramo in der Grasebene (el Pajonal) bewohnten. Obgleich sporadisch bis dahin viel nächtlicher Schnee gefallen war, so gelangten wir doch östlich von dem vielberufenen Inkakopf (Cabeza del Inca) erst in die Quebrada und Reventazon de la Minas, und später noch östlicher über das Alto de Saniguaicu bis zur Schlucht des Löwenberges (Puma-Urcu), wo das Barometer doch nur erst eine Höhe von 2263 Toisen oder 13 578 Fuß (4410 m) anzeigte. Ein anderer Trümmerzug, den wir aber bloß aus der Entfernung sahen, hat sich vom östlichen Teile des mit Schnee bedeckten Aschenkegels gegen den Rio Negro (Zufluß des Amazonenstromes) und gegen Valle vicioso hin bewegt.

Ob diese Blöcke als glühende, nur an den Rändern geschmolzene Schlackenmassen — bald eckig, bald rundlich, von 6 bis 8 Fuß (2 bis 2,6 m) Durchmesser, selten schalig, wie es die des Antisana sind — alle aus dem Gipfelkrater zu großen Höhen ausgeworfen, an den Abhang des Cotopaxi herabgefallen und durch den Sturz der geschmolzenen Schneewasser in ihrer Bewegung beschleunigt worden sind, oder ob sie, ohne durch die Luft zu kommen, aus Seitenspalten des Vulkanes ausgestoßen wurden, wie das Wort reventazon andeuten würde, bleibt ungewiß. Von Suniguaicu und der Quebrado del Mestizo bald zurückkehrend, untersuchten wir den langen und breiten Rücken, welcher, von NW in SO streichend, den Cotopaxi mit dem Nevado de Quelendaña verbindet. Hier fehlen die gereihten Blöcke, und das Ganze scheint eine dammartige Erhebung, auf deren Rücken der kleine Kegelberg el Morro und, dem hufeisenförmigen Quelendaña näher, mehrere Sümpfe, wie auch zwei kleine Seen (Lagunas de Yauricocha und de Verdecocha) liegen. Das Gestein des Morro und der ganzen linearen vulkanischen Erhebung war grünlich-grauer Porphyrschiefer, in achtzöllige Schichten abgesondert, die sehr regelmäßig mit 60° nach Osten fielen. Von eigentlichen Lavaströmen war nirgends eine Spur.[139]

Wenn auf der bimssteinreichen Insel Lipari, nördlich von Caneto, aus dem wohlerhaltenen, ausgebrannten Krater des Monte di Campo Bianco ein Lavastrom von Bimsstein und Obsidian sich gegen das Meer herabzieht, in welchem die Fasern der ersten Substanz merkwürdig genug der Richtung des Stromes parallel laufen, so bieten dagegen, nach meiner Untersuchung der örtlichen Verhältnisse, die ausgedehnten Bimssteinbrüche eine Meile von Lactuacunga eine Analogie mit jenem Vorkommen auf Lipari dar. Diese Brüche, in denen der Bimsstein, in horizontale Bänke geteilt, ganz das Ansehen von einem anstehenden Gesteine hat, erregten schon (1737) das Erstaunen von Bouguer.[140] „On ne trouve," sagt er, „sur les montagnes volcaniques que de simples fragments de pierre-ponce d'une certaine grosseur; mais à 7 lieues au sud du Cotopaxi, dans un point qui répond à notre dixième triangle, la pierre-ponce forme des rochers entiers; ce sont des bancs parallèles de 5 à 6 pieds d'épaisseur dans un espace de plus d'une lieue carrée. On n'en connoît pas la profondeur. Qu'on s'imagine, quel feu il a fallu pour mettre en fusion cette masse

énorme, et dans l'endroit même où elle se trouve aujourd'hui, car on reconnoît aisément qu'elle n'a pas été dérangée et qu'elle s'est refroidie dans l'endroit où elle a été liquifiée. On a dans les environs profité du voisinage de cette immense carrière, car la petite ville de Lactuacunga, avec de très jolis édifices, est entièrement bâtie de pierre-ponce depuis le tremblement de terre qui la renversa en 1698."

Die Bimssteinbrüche liegen bei dem Indianerdorfe San Felipe in den Hügeln von Guapulo und Zumbalica, welche 480 Fuß (160 m) über der Hochebene und 9372 Fuß (3044 m) über der Meeresfläche erhoben sind. Die obersten Bimssteinschichten sind also 500 bis 600 Fuß (162 bis 194 m) unter dem Niveau von Mulalo, der einst architektonisch schönen, durch häufige Erdstöße aber ganz zertrümmerten Villa des Marques de Maenza (am Fuße des Cotopaxi), ebenfalls von Bimssteinblöcken erbaut. Die unterirdischen Brüche sind von den beiden thätigen Vulkanen Tunguragua und Cotopaxi ungleich entfernt, von ersterem 8 geogr. Meilen (60 km), dem letzteren um die Hälfte näher. Man gelangt zu ihnen durch einen Stollen. Die Arbeiter versichern, daß man aus den horizontalen, festen Schichten, von denen einige wenige mit lettigem Bimssteinschutt umgeben sind, vierkantige, durch keine seigere Querklüfte getrennte Blöcke von 20 Fuß (6,5 m) erlangen könnte. Der Bimsstein, teils weiß, teils bläulich-grau, ist sehr fein und langfaserig, von seidenartigem Glanze. Die parallelen Fasern haben bisweilen ein knotiges Ansehen, und zeigen dann eine sonderbare Struktur. Die Knoten werden durch 1 bis 1½ Linien (24 bis 36 mm) breite, rundliche Brocken von feinporigem Bimsstein gebildet, um welche sich lange Fasern zum Einschlusse krümmen. Bräunlich-schwarzer Glimmer in sechsseitigen kleinen Tafeln, weiße Oligoklaskristalle und schwarze Hornblende sind darin sparsam zerstreut; dagegen fehlt ganz der glasige Feldspat, welcher sonst wohl (Camaldoli bei Neapel) im Bimsstein vorkommt. Der Bimsstein des Cotopaxi ist von dem der Zumbalicabrüche sehr verschieden,[141] er ist kurzfaserig, nicht parallel, sondern verworren gekrümmt. Magnesiaglimmer ist aber nicht bloß den Bimssteinen eigen, sondern auch der Grundmasse des Trachytes[142] vom Cotopaxi nicht fremd. Dem südlicher gelegenen Vulkan Tunguragua scheint der Bimsstein ganz zu fehlen. Von Obsidian ist in der Nähe der Steinbrüche von Zumbalica keine

Spur, aber in sehr großen Massen habe ich schwarzen Obsidian von muscheligem Bruch in bläulich-grauen, verwitterten Perlstein eingewachsen gefunden unter den vom Cotopaxi ausgestoßenen und bei Mulalo liegenden Blöcken. Fragmente davon werden in der königlichen Mineraliensammlung zu Berlin aufbewahrt. Die hier beschriebenen Bimssteinbrüche, 4 deutsche Meilen (30 km) vom Fuße des Cotopaxi entfernt, scheinen daher ihrer mineralogischen Beschaffenheit nach jenem Kegelberge ganz fremd zu sein, und mit demselben nur in dem Zusammenhange zu stehen, welchen alle Vulkane von Pasto und Quito mit dem viele hundert Quadratmeilen einnehmenden, vulkanischen Herde der Aequatorial-Kordilleren darbieten. Sind diese Bimssteine das Centrum und Innere eines eigenen Erhebungskraters gewesen, dessen äußere Umwallung in den vielen Umwälzungen, welche die Oberfläche der Erde hier erlitten hat, zerstört worden ist, oder sind sie bei den ältesten Faltungen der Erdrinde hier auf Spalten horizontal in scheinbarer Ruhe abgelagert worden? Denn die Annahme von wässerigen Sedimentanschwemmungen, wie sie sich bei den vulkanischen, mit Pflanzenresten und Muscheln gemengten Tuffmassen oft zeigen, ist mit noch größeren Schwierigkeiten verbunden.

Dieselben Fragen regt die große, von allem intumeszierten vulkanischen Gerüste entfernte Masse von Bimsstein an, die ich in der Kordillere von Pasto zwischen Mamendoy und dem Cerro del Pulpito, 9 geogr. Meilen (67 km) nördlich vom thätigen Vulkan von Pasto, am Rio Mayo fand. Leopold von Buch hat auch auf einen ähnlichen, von Meyen beschriebenen, ganz isolierten Ausbruch von Bimsstein, der als Gerölle einen 300 Fuß (100 m) hohen Hügel bildet, in Chile, östlich von Valparaiso, bei dem Dorfe Tollo, aufmerksam gemacht. Der im Aufsteigen Juraschichten erhebende Vulkan Maypo ist noch zwei volle Tagereisen von diesem Bimssteinausbruch entfernt.[143] Auch der preußische Gesandte in Washington, Friedrich von Gerolt, dem wir die ersten geognostisch kolorierten Karten von Mexiko verdanken, erwähnt „einer unterirdischen Gewinnung von Bimsstein zu Bauten" bei Huichapa, 8 geogr. Meilen (60 km) südöstlich von Queretaro, fern von allen Vulkanen. Der geologische Erforscher des Kaukasus, Abich, ist zufolge seiner eigenen Beobachtungen zu glauben geneigt, daß am nördlichen Abfalle der Centralkette des Elbrus die mächtige Eruption von Bimsstein bei dem

Dorfe Tschegem, in der kleinen Kabarda, als eine Spaltenwirkung viel älter sei wie das Aufsteigen des sehr fernen eben genannten Kegelberges.

Wenn demnach die vulkanische Thätigkeit des Erdkörpers durch Ausstrahlung der Wärme gegen den Weltraum bei Verminderung seiner ursprünglichen Temperatur und im Zusammenziehen der oberen erkaltenden Schichten Spalten und Faltungen (fractures et rides), also gleichzeitig Senkung der oberen und Emportreibung der unteren Teile,[144] erzeugt, so ist natürlich als Maß und Zeugen dieser Thätigkeit in den verschiedenen Regionen der Erde die Zahl der erkennbar gebliebenen, aus den Spalten aufgetriebenen, vulkanischen Gerüste (der geöffneten Kegel- und domförmigen Glockenberge) betrachtet worden. Man hat mehrfach und oft sehr unvollkommen diese Zählung versucht; Auswurfshügel und Solfataren, die zu einem und demselben Systeme gehören, wurden als besondere Vulkane aufgeführt. Die Größe der Erdräume, welche bisher im Inneren der Kontinente allen wissenschaftlichen Untersuchungen verschlossen bleiben, ist für die Gründlichkeit dieser Arbeit ein nicht so bedeutendes Hindernis gewesen, als man gewöhnlich glaubt, da Inseln und den Küsten nahe Regionen im ganzen der Hauptsitz der Vulkane sind. In einer numerischen Untersuchung, welche nach dem jetzigen Zustande unserer Kenntnisse nicht zum völligen Abschluß gebracht werden kann, ist schon viel gewonnen, wenn man zu einem Resultat gelangt, das als eine untere Grenze zu betrachten ist, wenn mit großer Wahrscheinlichkeit bestimmt werden kann, auf wie vielen Punkten das flüssige Innere der Erde noch in historischer Zeit mit der Atmosphäre in lebhaftem Verkehr geblieben ist. Eine solche Lebhaftigkeit äußert sich dann und meist gleichzeitig in Ausbrüchen aus vulkanischen Gerüsten (Kegelbergen), in der zunehmenden Wärme und Entzündlichkeit der Thermal- und Naphthaquellen, in der vermehrten Ausdehnung der Erschütterungskreise; Erscheinungen, welche alle in innigem Zusammenhange und in gegenseitiger Abhängigkeit voneinander stehen.[145] Leopold von Buch hat auch hier wieder das große Verdienst, in den Nachträgen zu der „Physikalischen Beschreibung der Kanarischen Inseln“, zum erstenmal unternommen zu haben, die Vulkansysteme des ganzen Erdkörpers, nach gründlicher Unterscheidung von Central- und Reihenvulkanen, unter einen kosmischen Gesichtspunkt zu fassen. Meine eigene neueste und schon

darum wohl vollständigere Aufzählung, nach Grundsätzen unternommen, welche ich oben (S. 208 und 223) bezeichnet, also ungeöffnete Glockenberge, bloße Ausbruchkegel ausschließend, gibt als wahrscheinliche untere Grenzzahl (nombre limite inférieur) ein Resultat, das von allen früheren beträchtlich abweicht. Sie strebt die Vulkane zu bezeichnen, welche thätig in die historische Zeit eingetreten sind.

Es ist mehrfach die Frage angeregt worden, ob in den Teilen der Erdoberfläche, in welchen die meisten Vulkane zusammengedrängt sind und wo die Reaktion des Erdinneren auf die starre (feste) Erdkruste sich am thätigsten zeigt, der geschmolzene Teil vielleicht der Oberfläche näher liege? Welches auch der Weg ist, den man einschlägt, die mittlere Dicke der festen Erdkruste in ihrem Maximum zu bestimmen, sei es der rein mathematische, welchen die theoretische Astronomie eröffnen soll, oder der einfachere, welcher auf das Gesetz der mit der Tiefe zunehmenden Wärme in dem Schmelzungsgrade der Gebirgsarten gegründet ist,[146] so bietet die Lösung dieses Problems doch noch eine große Zahl jetzt unbestimmbarer Größen dar. Als solche sind zu nennen, der Einfluß eines ungeheuren Druckes auf die Schmelzbarkeit, die so verschiedene Wärmeleitung heterogener Gebirgsarten, die sonderbare, von Eduard Forbes behandelte Schwächung der Leitungsfähigkeit bei großer Zunahme der Temperatur, die ungleiche Tiefe des ozeanischen Beckens, die lokalen Zufälligkeiten in dem Zusammenhange und der Beschaffenheit der Spalten, welche zu dem flüssigen Inneren hinabführen! Soll die größere Nähe der oberen Grenzschicht des flüssigen Inneren in einzelnen Erdregionen die Häufigkeit der Vulkane und den mehrfacheren Verkehr zwischen der Tiefe und dem Luftkreise erklären, so kann allerdings diese Nähe wiederum abhängen, entweder von dem relativen mittleren Höhenunterschiede des Meeresbodens und der Kontinente, oder von der ungleichen senkrechten Tiefe, in welcher unter verschiedenen geographischen Längen und Breiten sich die Oberfläche der geschmolzenen, flüssigen Masse befindet. Wo aber fängt eine solche Oberfläche an, gibt es nicht Mittelgrade zwischen vollkommener Starrheit und vollkommener Verschiebbarkeit der Teile? Uebergänge, die bei den Streitigkeiten über den Zustand der Zähigkeit einiger plutonischer und vulkanischer Gebirgsformationen, welche an die Oberfläche erhoben worden, sowie bei der Bewegung der Gletscher oft zur Sprache

gekommen sind? Solche Mittelzustände entziehen sich einer mathematischen Betrachtung ebensosehr wie der Zustand des sogenannten flüssigen Inneren unter einer ungeheuren Kompression. Wenn es schon an sich nicht ganz wahrscheinlich ist, daß die Wärme überall fortfahre, mit der Tiefe in arithmetischer Progression zu wachsen, so können auch lokale Zwischenstörungen eintreten, z. B. durch unterirdische Becken (Höhlungen in der starren Masse), welche von Zeit zu Zeit von unten teilweise mit flüssiger Lava und darauf ruhenden Dämpfen angefüllt sind.[147] Diese Höhlungen läßt schon der unsterbliche Verfasser der Protogäa eine Rolle spielen in der Theorie der abnehmenden Centralwärme: „Postremo credibile est contrahentem se refrigeratione crustam *bullas* reliquisse, ingentes pro rei magnitudine, id est sub vastis fornicibus *cavitates*.“ Je unwahrscheinlicher es ist, daß die Dicke der schon erstarrten Erdkruste in allen Gegenden dieselbe sei, desto wichtiger ist die Betrachtung der Zahl und der geographischen Lage der noch in historischen Zeiten geöffnet gewesenen Vulkane. Eine solche Betrachtung der Geographie der Vulkane kann nur durch oft erneuerte Versuche vervollkommnet werden.

I. Europa.

Aetna,
Volcano in den Liparen,
Stromboli,
Ischia,
Vesuv,
Santorin,
Lemnos,

alle zum großen Becken des Mittelländischen Meeres, aber zu den europäischen Ufern desselben, nicht zu den afrikanischen gehörig, alle sieben Vulkane in bekannten historischen Zeiten noch thätig; der brennende Berg Mosychlos auf Lemnos, welchen Homer den Lieblingssitz des Hephästos nennt, erst nach den Zeiten des großen Makedoniers samt der Insel Chryse durch Erdstöße zertrümmert und in den Meeresfluten versunken

(Kosmos Bd. I, S. 176 und 316, Anm. 156, Ukert, Geogr. der Griechen und Römer, T. II, Abt. 1, S. 198). Die große, seit fast 1900 Jahren (186 v. Chr. bis 1712 unserer Zeitrechnung) sich mehrmals wiederholende Hebung der drei Kaimenen in der Mitte des Golfes von Santorin (teilweise umschlossen von Thera, Therasia und Aspronisi) hat bei dem Entstehen und Verschwinden auffallende Aehnlichkeit gehabt mit dem, freilich sehr kleinen Phänomen der temporären Bildung der Insel, welche man Graham, Julia und Ferdinandea nannte, zwischen Sciacca und Pantellaria. Auf der Halbinsel Methana, deren wir schon oft erwähnt (Kosmos Bd. I, S. 313, Bd. IV, S. 375, Anm. 48), sind deutliche Spuren vulkanischer Ausbrüche im rotbraunen Trachyt, der aus dem Kalkstein aufsteigt bei Kaïmenochari und Kaïmeno (Curtius, Peloponnesos Bd. II, S. 439).

Vorhistorische Vulkane mit frischen Spuren von Lavaerguß aus Kratern sind, von Norden nach Süden aufgezählt: die der Eifel (Mosenberg, Geroldstein) am nördlichsten; der große Erhebungskrater, in welchem Schemnitz liegt; Auvergne (Chaîne des Puys oder der Monts Dômes, le Cône du Cantal, les Monts-Dore); Vivarais, in welchem die alten Laven aus Gneis ausgebrochen sind (Coupe d'Aysac und Kegel von Montpezat); Velay, Schlackenausbrüche, von denen keine Laven ausgehen; die Euganeen; das Albanergebirge, Rocca Monfina und Vultur bei Teano und Melfi; die ausgebrannten Vulkane um Olot und Kastell Follit in Katalonien;[148] die Inselgruppe las Columbretes nahe der Küste von Valencia (die sichelförmige größere Insel Colubraria der Römer, auf der Montcolibre, nach Kapitän Smith Br. 39° 54′, voll Obsidians und zelligen Trachytes); die griechische Insel Nisyros, eine der karpathischen Sporaden von ganz runder Gestalt, in deren Mitte auf einer Höhe von 2130 Fuß (692 m) nach Roß ein umwallter tiefer Kessel mit einer stark detonierenden Solfatare liegt, aus welcher einst strahlförmig, jetzt kleine Vorgebirge bildende Lavaströme sich in das Meer ergossen, vulkanische Mühlsteine liefernd noch zu Strabos Zeit (Roß, Reisen auf den Griech. Inseln Bd. II, S. 69 und 72 bis 78). Für die Britischen Inseln sind hier wegen des Alters der Formationen noch zu erwähnen die merkwürdigen Einwirkungen unterseeischer Vulkane auf die Schichten der Untersilurformation (Llandeilobildung), indem vulkanische zellige Fragmente in diese Schichten eingebacken

sind und nach Sir Roderick Murchisons wichtiger Beobachtung selbst eruptive Trappmassen in den Corndonbergen in untersilurische Schichten eindringen (Shropshire und Montgomeryshire), die Gangphänomene der Insel Arran und die anderen Punkte, in denen das Einschreiten vulkanischer Thätigkeit sichtbar ist, ohne daß Spuren eigener Gerüste aufgefunden werden.

II. Inseln des Atlantischen Meeres.

Vulkan Esk auf der Insel Jan Mayen, von dem verdienstvollen Scoresby erstiegen und nach seinem Schiffe benannt; Höhe kaum 1500 Fuß (487 m). Ein offener, nicht entzündeter Gipfelkrater; pyroxenreicher Basalt und Traß.

Südwestlich vom Esk, nahe bei dem Nordkap der Eierinsel, ein anderer Vulkan, der im April 1818 von vier zu vier Monaten hohe Aschenausbrüche zeigte.

Der 6448 Fuß (2095 m) hohe Beerenberg, in dem breiten nordöstlichen Teile von Jan Mayen (Br. 71° 4′), ist nicht als Vulkan bekannt.

Vulkane von Island: Oeräfa, Hekla, Rauda-Kamba ...

Vulkan der azorischen Insel Pico:[149] großer Lavaausbruch vom 1. Mai bis 5. Juni 1880.

Pik von Tenerifa.

Vulkan von Fogo, einer der Kapverdischen Inseln.

Vorhistorische vulkanische Thätigkeit: Es ist dieselbe auf Island weniger bestimmt an gewisse Centra gebunden. Wenn man mit Sartorius von Waltershausen die Vulkane der Insel in zwei Klassen teilt, von denen die der einen nur einen Ausbruch gehabt haben, die der anderen auf derselben Hauptspalte wiederholt Lavaströme ergießen, so sind zu der ersteren Rauda-Kamba, Skaptar, Ellidavatan, südöstlich von Reykjavik, ... zu der zweiten, welche eine dauernde Individualität zeigt, die zwei höchsten Vulkane von Island, Oeräfa (über 6000 Fuß = 1950 m) und Snaefiall, Hekla .... zu rechnen. Der Snaefiall ist seit Menschengedenken nicht in Thätigkeit gewesen, während der Oeräfa durch die furchtbaren Ausbrüche von 1362 und 1727 bekannt ist (Sart. von Waltershausen, Phys.-geograph. Skizze von Island, S. 108 und 112). — Auf Madeira können die beiden höchsten Berge, der 5585 Fuß (1846 m) hohe kegelförmige Pico Ruivo

und der wenig niedrigere Pico de Torres, mit schlackigen Laven an den steilen Abhängen bedeckt, nicht als die central wirkenden Punkte der vormaligen vulkanischen Thätigkeit auf der ganzen Insel betrachtet werden, da in vielen Teilen derselben, besonders gegen die Küsten hin, Eruptionsöffnungen, ja ein großer Krater, der der Lagoa bei Machico, gefunden werden. Die Laven, durch Zusammenfluß verdickt, sind nicht als einzelne Ströme weit zu verfolgen. Reste alter Dikotyledonen- und Farnvegetation, von Charles Bunbury genau untersucht, finden sich vergraben in gehobenen vulkanischen Tuff- und Lettenschichten, bisweilen von neuerem Basalte bedeckt. — Fernando de Noronha, lat. 3° 50′ S. und 2° 27′ östlich von Pernambuco, eine Gruppe sehr kleiner Inseln; hornblendehaltige Phonolithfelsen, kein Krater, aber Gangklüfte, gefüllt mit Trachyt und basaltartigem Mandelstein, weiße Tufflagen durchsetzend. — Insel Ascension, im höchsten Gipfel 2690 Fuß (874 m), Basaltlaven mit mehr eingesprengtem glasigem Feldspat als Olivin und wohlbegrenzten Strömen, bis zu dem Ausbruchkegel von Trachyt zu verfolgen. Die letztere Gebirgsart von lichten Farben, oft tuffartig aufgelöst, herrscht im Inneren und im Südosten der Insel. Die von Green Mountain ausgeworfenen Schlackenmassen enthalten eingebacken syenit- und granithaltige eckige Fragmente, welche an die der Laven von Jorullo erinnern. Westlich von Green Mountain findet sich ein großer offener Krater. Vulkanische Bomben, teilweise hohl, bis 10 Zoll (26 cm) im Durchmesser, liegen in zahlloser Menge zerstreut umher, auch große Massen von Obsidian. — St. Helena, die ganze Insel vulkanisch, im Inneren mehr feldspatartige Lavaschichten, gegen die Küsten hin Basaltgestein, von zahllosen Gängen (dikes) durchsetzt, wie am Flagstaff-Hill. Zwischen Diana Peak und Nest-Lodge, in der Centralbergreihe der halbmondartig gekrümmte seigere Absturz und Rest eines weiten zerstörten Kraters, voll Schlacken und zelliger Lava („the mere wreck[150] of one great crater is left“). Die Lavenschichten nicht begrenzt und daher nicht als eigentliche Ströme von geringer Breite zu verfolgen. — Tristan da Cunha (Br. 37° 3′ südl., Lg. 13° 48′ westl.) schon 1506 von den Portugiesen entdeckt, eine zirkelrunde kleine Insel von 1½ geogr. Meilen (11 km) im Durchmesser, in deren Centrum ein Kegelberg liegt, den Kapitän Denham als von ungefähr 7800 Pariser Fuß (2533 m) Höhe und von vulkanischem Gestein zusammengesetzt beschreibt (Dr. Peter-

manns geogr. Mitteilungen 1855, Nr. III, S. 84). Südöstlich, aber im 53° südlicher Breite liegt die ebenfalls vulkanische Thomsonsinsel; zwischen beiden in gleicher Richtung Goughinsel, auch Diego Alvarez genannt. Deceptioninsel, ein schmaler, eng geöffneter Ring (südl. Br. 62° 55′), und Bridgmansinsel, zu der South Shetlandsgruppe gehörig, beide vulkanisch; Schichten von Eis, Bimsstein, schwarzer Asche und Obsidian; perpetuierlicher Ausbruch heißer Dämpfe (Kendal im Journal of the Geogr. Soc. Vol. I, 1831, p. 62). Im Februar 1842 sah man die Deceptioninsel gleichzeitig an 13 Punkten im Ringe Flammen geben (Dana in der U. St. Explor. Exped. Vol. X, p. 548). Auffallend ist es, daß, da so viele andere Inseln im Atlantischen Meere vulkanisch sind, weder das flache Inselchen St. Paul (Peñedo de S. Pedro), einen Grad nördlich vom Aequator (ein wenig blättriger Grünsteinschiefer, in Serpentin übergehend), noch die Malouinen (mit ihren quarzigen Thonschiefern), Südgeorgien oder das Sandwichland vulkanisches Gestein darzubieten scheinen. Dagegen wird eine Region des Atlantischen Meeres, ungefähr 0° 20′ südlich vom Aequator, Lg. 22° westl. für den Sitz eines unterseeischen Vulkanes gehalten. Krusenstern hat in dieser Nähe schwarze Rauchsäulen aus dem Meere aufsteigen sehen (19. Mai 1806), und der asiatischen Societät zu Kalkutta ist 1836 zweimal an demselben Punkte (südöstlich von dem obengenannten Felsen von St. Paul) gesammelte vulkanische Asche vorgezeigt worden. Nach sehr genauen Untersuchungen von Daussy sind von 1747 bis zu Krusensterns Weltumseglung schon fünfmal und von 1806 bis 1836 siebenmal in dieser Volcanic Region, wie sie auf der neuesten schönen Karte des Lieutenant Samuel Lee (Track of the surveying Brig Dolphin 1854) genannt wird, seltsame Schiffsstöße und Aufwallungen des Meeres bemerkt worden, welche man dem durch Erdbeben erschütterten Meeresboden zuschrieb. Doch ist neuerlichst auf der Expedition der Brigg Delphin (Januar 1852), welche „wegen Krusensterns Volcano“ die Instruktion hatte, zwischen dem Aequator und 7° südl. Breite bei Lg. 18° bis 27° auch durch das Senkblei Nachforschungen zu machen, wie vorher (1838) bei Wilkes Exploring Expedition nichts Auffallendes bemerkt worden.

III. Afrika.

Der Vulkan Mongo ma Leba [151] im Kamerungebirge (nördl. Br. 4° 12′), westlich von der Mündung des Flusses gleichen Namens in die Bucht von Biafra, östlich von dem Delta des Kowara (Niger) gab nach Kapitän Allan einen Lavaausbruch im Jahre 1838. Die lineare Reihenfolge der vier vulkanischen hohen Inseln Anabom, St. Thomas, Prinzeninsel und San Fernando Po, auf einer Spalte SSW bis NNO, weist auf den Kamerun hin, welcher nach den Messungen von Kapitän Owen und Lieutenant Boteler die große Höhe von ungefähr 12200 Fuß erreicht.

Ein Vulkan? etwas westlich von dem Schneeberge Kignea [152] im östlichen Afrika, ungefähr 1° 20′ südl. Br., aufgefunden 1849 von dem Missionär Krapf nahe den Quellen des Danaflusses, etwa 80 geogr. Meilen (590 km) in Nordwest von dem Litorale von Mombas. In einem fast 2° südlicheren Parallel als der Kignea liegt ein anderer Schneeberg, der Kilimandscharo, welchen 1847 der Missionär Rebmann entdeckt hat, vielleicht kaum 50 geogr. Meilen (370 km) von dem eben genannten Litorale. Etwas westlicher liegt ein dritter Schneeberg, der vom Kapitän Short gesehene Doengo Engai. Die Kenntnis von der Existenz dieser Berge ist die Frucht mutiger und gefahrvoller Unternehmungen.

Beweise vorhistorischer vulkanischer Thätigkeit in dem großen, aber zwischen dem siebenten nördlichen und zwölften südlichen Parallelkreise (denen von Adamaua und des wasserscheidenden Gebirges Lubalo) im Inneren noch so unerforschten Kontinente liefern die Umgegend des Tzanasees im Königreich Gondar nach Rüppell, wie die Basaltlaven, Trachyte und Obsidianschichten von Schoa nach Rochet d'Héricourt, dessen mitgebrachte Gebirgsarten, denen des Cantal und Mont-Dore ganz analog, von Dufrénoy haben untersucht werden können (Comptes rendus T. XXII, 1846, p. 806 bis 810. Wenn auch in Kordofan der Kegelberg Koldghi sich nicht als jetzt entzündet und rauchend zeigt, so soll sich doch das Vorkommen schwarzen, porösen, verglasten Gesteines daselbst bestätigt haben.

In Adamaua, südlich vom großen Benueflusse, steigen die isolierten Bergmassen Bagele und Alantika auf, welche den Dr. Barth auf seiner Reise von Kuka nach Jola durch

ihre kegel- und domförmige Gestaltung an Trachytberge mahnten. Der so früh den Naturwissenschaften entzogene Overweg fand in der von ihm durchforschten Gegend von Gudscheba, westlich vom Tsadsee, nach Petermanns Notizen aus den Tagebüchern olivenreiche, säulenförmig abgeteilte Basaltkegel, welche bald die Schichten des roten thonartigen Sandsteines, bald quarzigen Granit durchbrochen haben.

Der große Mangel jetzt entzündeter Vulkane in dem ungegliederten Kontinente, dessen Küstenländer genugsam bekannt sind, bietet eine sonderbare Erscheinung dar. Sollte es in dem unbekannten Centralafrika, besonders südlich vom Aequator, große Wasserbecken geben, analog dem See Uniamesi (früher von Dr. Cooley N'yassi genannt), an deren Ufern sich Vulkane wie der Demavend nahe dem Kaspischen Meere erheben?[153] Bisher hat kein Bericht der vielreisenden Eingeborenen uns davon irgend eine Kunde gebracht!

IV. Asien.

a) Der westliche und centrale Teil.

Vulkan von Demavend,[154] entzündet, aber nach den Berichten von Olivier, Morier und Taylor Thomson (1837) nur mäßig und nicht ununterbrochen rauchend;

Vulkan von Medina (Lavaausbruch 1276);

Vulkan Djebel el Tir (Tair oder Tehr), ein Inselberg von 840 Fuß (273 m) zwischen Loheia und Massaua im Roten Meere;

Vulkan Pe-schan,[155] nördlich von Kutsche in der großen Bergkette des Tian-schan oder Himmelsgebirges in Innerasien; Lavaausbrüche in echt historischer Zeit vom Jahre 89 bis in den Anfang des siebenten Jahrhunderts unserer Zeitrechnung;

Vulkan Ho-tscheu, auch bisweilen in der so umständlichen chinesischen Länderbeschreibung Vulkan von Turfan genannt, 30 geogr. Meilen (220 km) von der großen Solfatara von Urumtsi, nahe dem östlichen Ende des Tian-schan gegen das schöne Obstland von Hami hin.

Der Vulkan Demavend, welcher sich bis zu mehr als 18000 Fuß (5850 m) Höhe erhebt, liegt fast 9 geogr. Meilen (67 km) von dem südlichen Litorale des Kaspischen Meeres in

Mazenderan, fast in gleicher Entfernung von Rescht und Asterabad, auf der gegen Herat und Meschhed im Westen schnell abfallenden Kette des Hindu-Khu. Ich habe an einem anderen Orte (Asie centrale T. I, p. 124 bis 129, T. III, p. 433 bis 435) wahrscheinlich gemacht, daß der Hindu-Khu von Tschitral und Kafiristan eine westliche Fortsetzung des mächtigen, Tibet gegen Norden begrenzenden, das Meridiangebirge Bolor im Tsungling durchsetzenden Kuen-lün ist. Der Demavend gehört zum persischen oder kaspischen Elburs, Name eines Bergsystemes, welchen man nicht mit dem gleichlautenden kaukasischen, $7\frac{1}{2}°$ nördlicher und $10°$ westlicher gelegenen (jetzt Elbrus genannten) Gipfel verwechseln muß. Das Wort Elburs ist eine Verunstaltung von Albordj, dem Weltberge, welcher mit der uralten Kosmogonie des Zendvolkes zusammenhängt.

Wenn bei Verallgemeinerung geognostischer Ansichten über die Richtung der Gebirgssysteme von Innerasien der Vulkan Demavend die große Kuen-lün-Kette nahe an ihrem westlichen Ende begrenzt, so verdient eine andere Feuererscheinung an dem östlichen Ende, deren Existenz ich zuerst bekannt gemacht habe (Asie centrale, T. II, p. 427 und 483), eine besondere Aufmerksamkeit. In den wichtigen Untersuchungen, zu denen ich meinen verehrten Freund und Kollegen im Institute, Stanislas Julien, aufgefordert, um aus den reichen geographischen Quellen der alten chinesischen Litteratur zu schöpfen über den Bolor, den Kuen-lün und das Sternenmeer, fand der scharfsinnige Forscher in dem großen vom Kaiser Yongtsching im Anfang des 18. Jahrhunderts edierten Wörterbuche die Beschreibung der „ewigen Flamme", welche am Abhange des östlichen Kuen-lün aus einer Höhle in dem Hügel Schinkhieu ausbricht. Die weitleuchtende Erscheinung, so tief sie auch gegründet sein mag, kann wohl nicht ein Vulkan genannt werden. Sie scheint mir vielmehr Analogie mit der so früh den Hellenen bekannten Chimära in Lykien, bei Delikatsch und Yanartasch darzubieten. Es ist diese ein Feuerbrunnen, eine durch vulkanische Thätigkeit des Erdinneren immerfort entzündete Gasquelle (Kosmos Bd. IV, S. 213, und dazu Anm. 88).

Arabische Schriftsteller lehren, meist ohne bestimmte Jahre anzugeben, daß im Mittelalter im südwestlichen Litorale Arabiens, in der Inselkette der Zobayr, in der Meerenge Bab-el-Mandeb und Aden (Wellsted, Travels in Arabia

Vol. II, p. 466 bis 468), in Hadhramaut, in der Straße von Ormuz und im westlichen Teile des Persischen Golfes noch an einzelnen Punkten Lavaausbrüche stattgefunden haben, immer auf einem Boden, der schon seit vorhistorischer Zeit der Sitz vulkanischer Thätigkeit gewesen war. Die Epoche des Ausbruches eines Vulkanes um Medina selbst, 12½° nördlich von der Meerenge Bab-el-Mandeb, hat Burkhardt in Samhudys Chronik der berühmten Stadt dieses Namens in Hedschas gefunden. Sie ward gesetzt auf den 2. November 1276. Daß aber dort eine Feuereruption bereits 1254, also 22 Jahre früher, gewesen war, lehrt nach Seetzen Abul-Mahasen (vgl. Kosmos Bd. I, S. 176). — Der Inselvulkan Djebel Tair, in welchem schon Vincent die „ausgebrannte Insel" des Periplus Maris Erythraei erkannte, ist noch thätig und Rauch ausstoßend nach Botta und nach den Nachrichten, die Ehrenberg und Rußegger (Reisen in Europa, Asien und Afrika, Bd. II, T. 1, 1843, S. 54) gesammelt. Ueber die ganze Umgegend der Meerenge Bab-el-Mandeb mit der Basaltinsel Perim, die kraterartige Umwallung, in welcher die Stadt Aden liegt, die Insel Seerah mit Obsidianströmen, die mit Bimsstein bedeckt sind, über die Inselgruppen der Zobayr und der Farsan (die Vulkanizität der letzteren hat Ehrenberg 1825 entdeckt) s. die schönen Untersuchungen von Ritter in der Erdkunde von Asien Bd. VIII, Abt. 1, S. 664 bis 707, 889 bis 891 und 1021 bis 1034.

Der vulkanische Gebirgszug des Tian-schan (Asie centrale T. I, p. 201 bis 203, T. II, p. 7 bis 61), ein Bergsystem, welches zwischen dem Altai und Kuen-lün von Osten nach Westen Innerasien durchzieht, ist zu einer Zeit der besondere Gegenstand meiner Untersuchungen gewesen, da ich zu dem Wenigen, was Abel-Rémusat aus der japanischen Encyklopädie geschöpft hatte, wichtigere, von Klaproth, Neumann und Stanislas Julien aufgefundene Bruchstücke habe hinzufügen können (Asie centr. T. II, p. 39 bis 50 und 335 bis 364). Die Länge des Tian-schan übertrifft achtmal die Länge der Pyrenäen, wenn man jenseits der durchsetzten Meridiankette des Kusyurt-Bolor den Asferah hinzurechnet, der sich im Westen bis in den Meridian von Samarkand erstreckt und in den Ibn Haukal und Ibn al-Verdi Feuerbrunnen und Salmiak ausstoßende, leuchtende(?) Spalten, wie im Tian-schan, beschreiben (s. über den Berg Botom a. a. O. p. 16 bis 20). In der Geschichte der Dynastie der Thang wird ausdrücklich

gesagt, daß an einem der Abhänge des Peschan, welcher immerfort Feuer und Rauch ausstößt, die Steine brennen, schmelzen und mehrere Li weit fließen, als wäre es ein „flüssiges Fett. Die weiche Masse erhärtet, sowie sie erkaltet". Charakteristischer kann wohl nicht ein Lavastrom bezeichnet werden. Ja in dem 49. Buche der großen Geographie des chinesischen Reiches, welche in Peking selbst von 1789 bis 1804 auf Staatskosten gedruckt worden ist, werden die Feuerberge des Tian-schan als „noch thätig" beschrieben. Ihre Lage ist so central, daß sie ungefähr gleich weit (380 geogr. Meilen = 2820 km) vom nächsten Litorale des Eismeeres und von dem Ausfluß des Indus und Ganges, 255 Meilen (1892 km) vom Aralsee, 43 (320 km) und 52 Meilen (385 km) von den Salzseen Issik-Kul und Balkasch entfernt sind. Von den Flammen, welche aus dem Berge von Turfan (Ho-tscheu) aufsteigen, gaben auch Kunde die Pilgrime von Mekka, die man in Bombay im Jahre 1835 offiziell befragte (Journal of the Asiatic. Soc. of Bengal Vol. IV, 1835, p. 657 bis 664). Wann werden endlich einmal von dem so leicht erreichbaren Kuldscha am Ili aus die Vulkane von Peschan und Turfan, Barkul und Hami durch einen wissenschaftlich gebildeten Reisenden besucht werden? [156]

Die jetzt schon mehr aufgeklärte Lage der vulkanischen Gebirgskette des Tian-schan hat sehr natürlich auf die Frage geleitet, ob das Fabelland Gog und Magog, wo auf dem Grunde des Flusses el-Macher „ewige Feuer brennen" sollen, nicht mit den Ausbrüchen des Peschan oder Vulkanes von Turfan zusammenhänge. Diese orientalische Mythe, welche ursprünglich dem Westen des Kaspischen Meeres, den Pylis Albaniae bei Derbend angehörte, ist, wie fast alle Mythen, gewandert und zwar weit nach Osten. Edrisi läßt den Salam el-Tjerdjeman, Dolmetscher eines Abbassidenkalifen, in der ersten Hälfte des 9. Jahrhunderts nach dem Lande der Finsternis von Bagdad aus abreisen. Er gelangt durch die Steppe der Baschkiren nach dem Schneegebirge Cocaïa, welches die große Mauer von Magog (Madjoudj) umgibt. Amédée Jaubert, dem wir wichtige Ergänzungen des nubischen Geographen verdanken, hat erwiesen, daß die Feuer, welche am Abhange des Cocaïa brennen, nichts Vulkanisches haben (Asie centr. T. II, p. 99). Weiter im Süden setzt Edrisi den See Tehama. Ich glaube wahrscheinlich gemacht zu haben, daß Tehama der große See Balkasch ist, in welchen der Ili mündet, der nur 45 Meilen

(335 km) südlicher liegt. Anderthalb Jahrhunderte nach Edrisi versetzte Marco Polo die Mauer Magog gar in das Gebirge In-schan, östlich von der Hochebene Gobi, gegen den Fluß Hoang-ho und die chinesische Mauer hin, von der (sonderbar genug) der berühmte venezianische Reisende ebensowenig spricht, als vom Gebrauche des Thees. Der In-schan, die Grenze des Gebietes des Priesters Johann, kann als die östliche Verlängerung des Tian-schan angesehen werden (Asie centrale T. II, p. 92 bis 104).

Mit Unrecht hat man lange Zeit die zwei einst Lava ergießenden Kegelberge, den Vulkan Peschan und den Hotscheu von Turfan (sie sind ungefähr in einer Länge von 105 geogr. Meilen = 780 km durch den mächtigen, mit ewigem Schnee und Eis bedeckten Gebirgsstock Bogdo-Oola voneinander getrennt) für eine isolierte vulkanische Gruppe gehalten. Ich glaube gezeigt zu haben, daß die vulkanische Thätigkeit nördlich und südlich von der langen Kette des Tian-schan mit den Grenzen der Erschütterungskreise, den heißen Quellen, den Solfataren, Salmiakspalten und Steinsalzlagern, hier wie im Kaukasus, in enger geognostischer Verbindung steht.

Da nach meiner schon oft geäußerten Ansicht, der jetzt auch der gründlichste Kenner des kaukasischen Gebirgssystems, Abich, beigetreten ist, der Kaukasus selbst nur die Fortsetzungsspalte des vulkanischen Tian-schan und Asferah jenseits der großen aralokaspischen Erdsenkung ist, so sind hier neben den Erscheinungen des Tian-schan als vorhistorischen Zeiten angehörig anzuführen die vier erloschenen Vulkane: Elbrus von 17352 Pariser Fuß (5636 m), Ararat von 16056 Fuß (5206 m), Kasbek von 15512 Fuß (5039 m) und Savalan von 14787 Fuß (4803 m) Höhe.[157] Ihrer Höhe nach fallen diese Vulkane zwischen den Cotopaxi und Montblanc. Der große Ararat (Agri-dagh), zuerst am 27. September 1829 von Friedrich von Parrot, mehrmals 1844 und 1845 von Abich, zuletzt 1850 von Oberst Chodzko erstiegen, hat eine Domform wie der Chimborazo, mit zwei überaus kleinen Erhebungen am Rande des Gipfels, doch aber keinen Gipfelkrater. Die größten und wahrscheinlich neuesten vorhistorischen Lavaeruptionen des Ararat sind alle unterhalb der Schneegrenze ausgebrochen. Die Natur dieser Eruptionen ist zweierlei Art: es sind dieselben teils trachytartig mit glasigem Feldspat und eingemengtem, leicht verwittertem

Schwefelkiese, teils doleritartig, meist bestehend aus Labrador und Augit, wie die Laven des Aetna. Die doleritartigen hält Abich am Ararat für neuer als die trachytartigen. Die Ausbruchstellen der Lavaströme, alle unterhalb der Grenze des ewigen Schnees, sind oftmals (z. B. in der großen Grasebene Kip-Ghioll am nordwestlichen Abhange) durch Auswurfskegel und von Schlacken umringte kleine Krater bezeichnet. Wenn auch das tiefe Thal des heiligen Jakob (eine Schlucht, welche bis an den Gipfel des Ararat ansteigt und seiner Gestaltung, selbst in weiter Ferne gesehen, einen eigenen Charakter gibt) viel Aehnlichkeit mit dem Thale del Bove am Aetna darbietet und die innerste Struktur des emporgestiegenen Domes sichtbar macht, so ist die Verschiedenheit doch dadurch sehr auffallend, daß in der Jakobsschlucht nur massenhaftes Trachytgestein und nicht Lavaströme, Schlackenschichten und Rapilli aufgefunden worden sind. Der große und der kleine Ararat, von denen der erstere nach den vortrefflichen geodätischen Arbeiten von Wassili Fedorow 3′ 4″ nördlicher und 6′ 42″ westlicher als der zweite liegt, erheben sich an dem südlichen Rande der großen Ebene, welche der Araxes in einem weiten Bogen durchströmt. Sie stehen beide auf einem elliptischen vulkanischen Plateau, dessen große Achse von Südost nach Nordwest gerichtet ist. Auch der Kasbek und der Tschegem haben keine Gipfelkrater, wenngleich der erstere mächtige Ausbrüche gegen Norden (nach Wladikawkas zu) gerichtet hat. Der größte aller dieser erloschenen Vulkane, der Trachytkegel des Elbrus, welcher aus dem granitreichen Talk- und Dioritschiefergebirge des Backsanflußthales aufgestiegen ist, hat einen Kratersee. Aehnliche Kraterseen finden sich in dem rauhen Hochlande Kely, aus welchem zwischen Eruptionskegeln sich Lavaströme ergießen. Uebrigens sind hier wie in den Kordilleren von Quito die Basalte weit von dem Trachytsysteme abgesondert; sie beginnen erst 6 bis 8 Meilen (44 bis 60 km) südlich von der Kette des Elbrus und von dem Tschegem am oberen Phasis- oder Rion-Thale.

3) Der nordöstliche Teil (Halbinsel Kamtschatka).

Die Halbinsel Kamtschatka, von dem Kap Lovatka, nach Krusenstern lat. 51° 3′, bis nördlich zum Kap Ukinsk, gehört mit der Insel Java, mit Chile und Centralamerika zu

den Regionen, wo auf dem kleinsten Raume die meisten, und zwar die meisten noch entzündeten Vulkane zusammengedrängt sind. Man zählt deren in Kamtschatka 14 in einer Länge von 105 geogr. Meilen (780 km). Für Centralamerika finde ich vom Vulkan von Soconusco bis Turrialva in Costa-Rica 29 Vulkane, deren 18 brennen, auf 170 Meilen (1220 km), für Peru und Bolivia vom Vulkan Chacani bis zum Volcan de San Pedro de Atacama 14 Vulkane, von welchen nur 3 gegenwärtig thätig sind, auf 105 Meilen (780 km), für Chile vom Volcan de Coquimbo bis zum Volcan de San Clemente 24 Vulkane auf 240 Meilen (1780 km). Von diesen 24 sind 13 aus historischen Zeiten als thätig bekannt. Die Kenntnis der kamtschadalischen Vulkane in Hinsicht auf Form, auf astronomische Ortsbestimmung und Höhe ist in neuerer Zeit durch Krusenstern, Horner, Hofmann, Lenz, Lütke, Postels, Kapitän Beechey und vor allen durch Adolf Erman rühmlichst erweitert worden. Die Halbinsel wird ihrer Länge nach von zwei Parallelketten durchschnitten, in deren östlicher die Vulkane angehäuft sind. Die höchsten derselben erreichen 10500 bis 14800 Fuß (3310 bis 5130 m). Es folgen von Süden nach Norden:

Der Opalinskische Vulkan (Pik Koschelew vom Admiral Krusenstern), lat. 51° 21′, nach Kapitän Chwostow fast die Höhe des Piks von Tenerifa erreichend und am Ende des 18. Jahrhunderts überaus thätig.

Die Hodutka Sopka (51° 35′). Zwischen dieser Sopka und der vorigen liegt ein unbenannter vulkanischer Kegel (51° 32′), der aber, wie die Hodutka, nach Postels erloschen scheint.

Poworotnaja Sopka (52° 22′), nach Kapitän Beechey 7442 Fuß (2417 m) hoch (Ermans Reise, Bd. III, S. 253; Leop. von Buch, Iles Can. p. 447).

Assatschinskaja Sopka (50° 2′), große Aschenauswürfe, besonders im Jahre 1828.

Wiljutschinsker Vulkan (Br. 52° 52′), nach Kapitän Beechey 6918 Fuß (2247 m), nach Admiral Lütke 6330 Fuß (2056 m), nur 5 geogr. Meilen (37 km) vom Petropaulshafen, jenseits der Bai von Torinsk entfernt.

Awatschinskaja oder Gorelaja Sopka (Br. 53° 17′), Höhe nach Erman 8360 Fuß (2716 m), zuerst bestiegen auf der Expedition von La Pérouse 1787 durch Mongez und Bernizet, später durch meinen teuren Freund und sibirischen

Reisebegleiter Ernst Hofmann (Juli 1824, bei der Kotzebueschen Weltumseglung), durch Postels und Lenz auf der Expedition des Admirals Lütke 1828, durch Erman im September 1829. Dieser machte die wichtige geognostische Beobachtung, daß der Trachyt bei seiner Erhebung Schiefer und Grauwacke (ein silurisches Gebirge) durchbrochen habe. Der immer rauchende Vulkan hat einen furchtbaren Ausbruch im Oktober 1837, früher einen schwachen im April 1828 gehabt. Postels in Lütke, Voyage T. III, p. 67 bis 84; Erman, Reise, hist. Bericht Bd. III, S. 494 und 534 bis 540.

Ganz nahe bei dem Awatschavulkan (Kosmos Bd. IV, S. 209, Anm. 63) liegt die Koriatskaja oder Strjeloschnaja Sopka (Br. 53° 19′), Höhe 10518 Fuß (3416 m), nach Lütke T. III, p. 84; reich an Obsidian, dessen die Kamtschadalen sich noch im vorigen Jahrhundert, wie die Merikaner und im hohen Altertume die Hellenen, zu Pfeilspitzen bedienten.

Jupanowa Sopka, Br. nach Ermans Bestimmung (Reise Bd. III, S. 469) 53° 32′. Der Gipfel ist ziemlich abgeplattet und der eben genannte Reisende sagt ausdrücklich, „daß diese Sopka wegen des Rauches, den sie ausstößt, und wegen des unterirdischen Getöses, welches man vernimmt, von jeher mit dem mächtigen Schiwelutsch verglichen und den unzweifelhaften Feuerbergen beigezählt wird.“ Seine Höhe ist, vom Meere aus durch Lütke gemessen, 8496 Fuß (2760 m).

Kronotskaja Sopka, 9954 Fuß (3234 m), an dem See gleichen Namens. Br. 54° 8′, ein rauchender Krater auf dem Gipfel des sehr zugespitzten Kegelberges (Lütke, Voyage T. III, p. 85).

Vulkan Schiwelutsch, 5 Meilen (37 km) südöstlich von Jelowka, über den wir eine beträchtliche und sehr verdienstliche Arbeit von Erman (Reise Bd. III, S. 261 bis 317 und Phys. Beob. Bd. I, S. 400 bis 403) besitzen, vor dessen Reise der Berg fast unbekannt war. Nördliche Spitze: Br. 56° 40′, Höhe 9894 Fuß (3214 m), südliche Spitze: Br. 56° 39′, Höhe 8250 Fuß (2680 m). Als Erman im September 1829 den Schiwelutsch bestieg, fand er ihn stark rauchend. Große Eruptionen waren 1739 und zwischen 1790 und 1810, letztere nicht von fließend ergossener Lava, sondern als Auswürfe von losem vulkanischen Gesteine. Nach C. von Dittmar stürzte der nördlichste Gipfel in der Nacht vom 17. zum

18. Februar 1854 ein, worauf eine von wirklichen Lavaströmen begleitete, noch dauernde Eruption erfolgte.

Tolbatschinskaja Sopka, heftig rauchend, aber in früherer Zeit die Eruptionsöffnungen ihrer Achsenauswürfe oft verändernd, nach Erman Br. 55° 51′ und Höhe 7800 Fuß (2533 m).

Uschinskaja Sopka, nahe verbunden mit dem Kljutschewsker Vulkan; Br. 56° 0′, Höhe an 11000 Fuß (3570 m) (Buch, Can., p. 452; Landgrebe, Vulkane Bd. I, S. 375).

Kljutschewskaja Sopka (56° 4′) der höchste und thätigste aller Vulkane der Halbinsel Kamtschatka, von Erman gründlich geologisch und hypsometrisch erforscht. Der Kljutschewsk hat nach dem Berichte von Kraschenikow große Feuerausbrüche von 1727 bis 1731 wie auch 1767 und 1795 gehabt. Im Jahre 1829 war Erman bei der gefahrvollen Besteigung des Vulkanes am 11. September Augenzeuge von dem Ausstoßen glühender Steine, Asche und Dämpfe aus dem Gipfel, während tief unterhalb desselben ein mächtiger Lavastrom sich am Westabhange aus einer Spalte ergoß. Auch hier ist die Lava reich an Obsidian. Nach Erman (Beob. Bd. I, S. 400 bis 403 und 419) ist die geogr. Breite des Vulkanes 56° 4′ und seine Höhe war im September 1829 sehr genau 14790 Fuß (4603 m). Im August 1828 hatte dagegen Admiral Lütke durch Höhenwinkel, die zur See in einer Entfernung von 40 Seemeilen genommen waren, den Gipfel des Kljutschewskaja 15480 Fuß (4898 m) hoch gefunden (Voyage T. III. p. 86; Landgrebe, Vulkane Bd. I, S. 375 bis 386). Diese Messung und die Vergleichung der vortrefflichen Umrißzeichnungen des Baron von Kittlitz, der die Lütkesche Expedition auf dem „Seniawin“ begleitete, mit dem, was Erman selbst im September 1829 beobachtete, führten diesen zu dem Resultate, daß in der engen Epoche dieser 13 Monate große Veränderungen in der Form und Höhe des Gipfels sich zugetragen haben. „Ich denke,“ sagt Erman (Reise Bd. III, S. 359), „daß man kaum merklich irren kann, wenn man für August 1828 die Höhe der Oberfläche des Gipfels um 250 Fuß (81 m) größer, als im September 1829 während meines Aufenthaltes in der Gegend von Kljutschi, und mithin für die frühere Epoche zu 15040 Fuß (4885 m) annimmt.“ Am Vesuv habe ich, die Saussuresche Barometermessung der Rocca del Palo, des höchsten nördlichen Kraterrandes, vom Jahre 1773 zu Grunde

legend, durch eigene Messung gefunden, daß bis 1805, also in 32 Jahren, dieser nördliche Kraterrand sich um 36 Fuß (12 m) gesenkt hatte, daß er aber von 1773 bis 1822, also in 49 Jahren, um 96 Fuß (32 m) (scheinbar?) gestiegen sei (Ansichten der Natur 1849, Bd. II, S. 290). Im Jahre 1822 fanden Monticelli und Covelli für die Rocca del Palo 624 Toisen (1214 m), ich 629 Toisen (1223 m). Für das damalige wahrscheinlichste Endresultat gab ich 625 Toisen (1216 m). Im Frühjahr 1855, also 33 Jahre später, gaben die schönen Barometermessungen des Olmützer Astronomen Julius Schmidt wieder 624 Toisen (1214 m) (Neue Bestimm. am Vesuv 1856, S. 1, 16 und 33. Was mag davon der Unvollkommenheit der Messung und der Barometerformel zugehören? Untersuchungen derart könnten in größerem Maßstabe und mit größerer Sicherheit vervielfältigt werden, wenn man statt oft erneuerter vollständiger trigonometrischer Operationen oder für zugängliche Gipfel mehr anwendbarer, aber minder befriedigender Barometermessungen, sich darauf beschränkte, für die zu vergleichenden Perioden von 25 oder 50 Jahren den einzigen Höhenwinkel des Gipfelrandes aus demselben und zwar aus einem sicher wiederzufindenden Standpunkte bis auf Fraktionen von Sekunden zu bestimmen. Des Einflusses der terrestrischen Refraktion wegen würde ich raten, in jeder der Normalepochen das Mittel aus vielstündlichen Beobachtungen von 3 Tagen zu suchen. Um nicht bloß das allgemeine Resultat der Vermehrung oder Verminderung des einzigen Höhenwinkels, sondern auch in Fußen die absolute Quantität der Veränderung zu erhalten, wäre nur eine einmal vorgenommene Bestimmung des Abstandes erforderlich. Welche reiche Quelle der Erfahrungen würden uns nicht für die vulkanischen Kolosse der Kordilleren von Quito, die vor mehr als einem Jahrhundert bestimmten Höhenwinkel der hinlänglich genauen Arbeiten von Bouguer und La Condamine gewähren, wenn diese vortrefflichen Männer für gewisse auserlesene Punkte hätten die Stationen bleibend bezeichnen können, in denen die Höhenwinkel der Gipfel von ihnen gemessen wurden! Nach C. von Dittmar hat nach dem Ausbruch von 1841 der Kljutschewsk ganz geruht, bis er lavagebend 1853 wieder erwachte. Der Gipfeleinsturz des Schiwelutsch unterbrach aber die neue Thätigkeit. (Bulletin de la classe physico-mathém. de l'Acad. des Sc. de St. Pétersbourg T. XIV, 1856, p. 246.)

Noch vier andere, teils vom Admiral Lütke und teils von Postels genannte Vulkane: den noch rauchenden Apalsk südöstlich vom Dorfe Bolscheretski, die Schischapinskaja Sopka (Br. 55° 11′), die Kegel Krestowsk (Br. 56° 4′), nahe an der Gruppe Kljutschewsk, und Uschkowsk, habe ich in der obigen Reihe nicht aufgeführt wegen Mangels genauerer Bestimmung. Das kamtschadalische Mittelgebirge, besonders in der Baidarenebene, Br. 57° 20′, östlich von Sedanka, bietet (als wäre sie „der Boden eines uralten Kraters von etwa vier Werst, d. i. ebensoviele Kilometer, im Durchmesser") das geologisch merkwürdige Phänomen von Lava- und Schlackenergüssen dar aus einem blasigen, oft ziegelroten, vulkanischen Gestein, das selbst wieder aus Erdspalten ausgebrochen ist, in größter Ferne von allem Gerüste aufgestiegener Kegelberge (Erman, Reise Bd. III, S. 221, 228 und 273; Buch, Iles Canaries p. 454). Auffallend ist hier die Analogie mit dem, was ich oben über den Malpais, die problematischen Trümmerfelder der mexikanischen Hochebene, umständlich entwickelt habe (Kosmos Bd. IV, S. 252).

V. Ostasiatische Inseln.

Von der Torresstraße, die unter 10° südlicher Breite Neuguinea von Australien trennt, und von den rauchenden Vulkanen von Flores bis zu den nordöstlichsten Aleuten (Br. 55°) erstreckt sich eine größtenteils vulkanische Inselwelt, welche, unter einem allgemeinen geologischen Gesichtspunkte betrachtet, wegen ihres genetischen Zusammenhanges fast schwer in einzelne Gruppen zu sondern ist, und gegen Süden beträchtlich an Umfang zunimmt. Um von Norden zu beginnen, sehen wir zuerst die von der amerikanischen Halbinsel Alaska ausgehende, bogenförmig gekrümmte Reihe der Aleuten durch die der Kupfer- und der Beringsinsel nahe Insel Attu den alten und neuen Kontinent miteinander verbinden, wie im Süden das Meer von Bering schließen. Von der Spitze der Halbinsel Kamtschatka (dem Vorgebirge Lopatka) folgen in der Richtung Nord gegen Süd, das Sachalinische oder Ochotskische, durch la Pérouse berühmt gewordene Meer in Osten begrenzend, der Archipel der Kurilen, dann Jesso, vielleicht vormals mit der Südspitze der Insel Krafto[158] (Sachalin oder Tschoka) zusammenhängend; endlich jenseits der

engen Tsugarstraße das japanische Dreiinselreich (Nippon, Sikok und Kiusiu, nach der trefflichen Karte von Siebold zwischen 41° 32′ und 30° 18′). Von dem Vulkan Kljutschewsk, dem nördlichsten an der östlichen Küste der Halbinsel Kamtschatka, bis zum südlichsten japanischen Inselvulkan Iwoga-Sima, in der von Krusenstern durchforschten Meerenge Vandiemen, ist die Richtung der sich in der vielfach gespaltenen Erdrinde äußernden feurigen Thätigkeit genau Nordost in Südwest. Es erhält sich dieselbe in fortgesetzter Reihung durch die Insel Jakuno-Sima, auf der ein Kegelberg sich zu der Höhe von 5478 Fuß (1780 m) erhebt, und welche die beiden Straßen Vandiemen und Colnet voneinander trennt, durch den Sieboldschen Linschotenarchipel, durch die Schwefelinsel des Kapitäns Basil Hall (Lung-Huang-Schan), durch die kleinen Gruppen der Lieu-Kieu und Madjiko-Sima, welche letztere sich dem Ostrande der großen chinesischen Külsteninsel Formosa (Thay-wan) bis auf 23 geogr. Meilen (170 km) nähert.

Hier bei Formosa (nördl. Br. 25° bis 26°) ist der wichtigste Punkt, wo statt der Erhebungslinien NO—SW die der nordsüdlichen Richtung beginnen und fast bis zum Parallel von 5° oder 6° südlicher Breite herrschend werden. Sie sind zu erkennen in Formosa und in den Philippinen (Luzon und Mindanao) volle 20 Breitengrade hindurch, bald an einer, bald an beiden Seiten die Küsten in der Meridianrichtung abschneidend; so in der Ostküste der großen Insel Borneo, welche durch den Suluarchipel mit Mindanao und durch die lange, schmale Insel Palawan mit Mindoro zusammenhängt, so die westlichen Teile der vielgestalteten Celebes und Dschilolo, so (was besonders merkwürdig ist) die Meridianspalte, auf welcher, 350 geogr. Meilen (2520 m) östlich von der Gruppe der Philippinen und in gleicher Breite, sich die vulkanische und Koralleninselreihe der Marianen oder Ladronen erhoben hat. Ihre allgemeine Richtung[159] ist in N 10° O.

Wie wir in dem Parallel der steinkohlenreichen Insel Formosa den Wendepunkt bezeichnet haben, an welchem auf die kurilische Richtung NO—SW die Richtung N—S folgt, so beginnt ein neues Spaltensystem südlich von Celebes und der schon ost-westlich abgeschnittenen Südküste von Borneo. Die großen und kleinen Sundainseln von Timor-Laut bis West-Bali folgen in 18 Längengraden meist dem mittleren

Parallel von 8° südlicher Breite. Im westlichen Java wendet sich die mittlere Achse schon etwas mehr gegen Norden, fast OSO in WNW, von der Sundastraße bis zu der südlichsten der Nikobaren aber ist die Richtung SO—NW. Die ganze vulkanische Erhebungsspalte (O—W und SO—NW) hat demnach ungefähr eine Erstreckung von 675 geogr. Meilen (elfmal die Länge der Pyrenäen); von diesen gehören, wenn man die geringe Abweichung Javas gegen Norden nicht achtet, 405 auf die ost-westliche und 270 auf die südost-nord-westliche Achsenrichtung.

Allgemeine geologische Betrachtungen über Form und Reihungsgesetze führen so ununterbrochen in der Inselwelt an den Ostküsten Asiens (in dem ungeheuren Raume von 68 Breitengraden) von den Aleuten und dem nördlichen Beringsmeere zu den Molukken und zu den großen und kleinen Sundainseln. In der Parallelzone von 5° nördlicher und 10° südlicher Breite hat sich besonders der größte Reichtum von Länderformen entwickelt. Auf eine merkwürdige Weise wiederholen sich meist die Ausbruchsrichtungen der größeren Teile in einem benachbarten kleineren. So liegt nahe der Südküste von Sumatra und ihr parallel eine lange Inselreihe. Dasselbe bemerken wir in dem kleinen Phänomene der Erzgänge, wie in dem größeren der Gebirgszüge ganzer Kontinente. Gleichstreichende Nebentrümmer des Hauptganges, begleitende Nebenketten (chaînes accompagnantes) liegen oft in beträchtlichen Abständen voneinander; sie deuten auf gleiche Ursachen und gleiche Richtungen der formgebenden Thätigkeit in der sich faltenden Erdrinde. Der Konflikt der Kräfte bei gleichzeitiger Oeffnung von Spalten entgegengesetzter Richtungen scheint bisweilen wunderbare Gestaltungen nebeneinander zu erzeugen, so in den Molukken Celebes und Dschilolo.

Nachdem wir den inneren geologischen Zusammenhang des ost- und südasiatischen Inselsystemes entwickelt haben, setzen wir, um von den alteingeführten, etwas willkürlichen, geographischen Abteilungen und Nomenklaturen nicht abzugehen, die südliche Grenze der ostasiatischen Inselreihe (den Wendepunkt) bei Formosa, wo die Richtung NO—SW in die N—S übergeht, unter den 24. Grad nördl. Breite. Die Aufzählung geschieht wieder von Norden nach Süden, von den östlichsten, mehr amerikanischen Aleuten beginnend.

Die vulkanreichen aleutischen Inseln begreifen von

Osten nach Westen die Fuchsinseln, unter denen sich die größten aller: Unimak, Unalaschka und Umnak, befinden; die Andrejanowskischen, unter denen Atcha mit drei rauchenden Vulkanen und der mächtige, von Sauer schon abgebildete Vulkan von Tanaga die berufensten sind, die Ratteninseln und die etwas getrennten Inseln Blynie, unter denen, wie schon oben gesagt, Attu den Uebergang zu der Asien nahen Kommandeurgruppe (Kupfer- und Beringsinsel) macht. Die mehrfach wiederholte Behauptung, als fange auf der Halbinsel Kamtschatka die von NNO nach SSW gerichtete Reihe der Kontinentalvulkane erst da an, wo die vulkanische Erhebungsspalte der Aleuten unterseeisch die Halbinsel schneidet, als biete diese Aleutenspalte wie eine Zuleitung dar, scheint wenig begründet zu sein. Nach des Admirals Lütke Karte des Beringsmeeres liegen die Insel Attu, das westliche Extrem der Aleutenreihe, Br. 52° 46′, die unvulkanische Kupfer- und Beringsinsel Br. 54° 30′ bis 55° 20′, und die Vulkanreihe von Kamtschatka beginnt schon unter dem Parallel von 56° 40′ mit dem großen Vulkan Schiwelutsch, westlich vom Kap Stolbowoy. Die Richtung der Eruptivspalten ist auch sehr verschieden, fast entgegengesetzt. Auf Unimak ist der höchste der aleutischen Vulkane nach Lütke 7578 Fuß (2462 m). Nahe an der Nordspitze von Umnak hat sich im Monat Mai 1796 unter sehr merkwürdigen, in Otto von Kotzebues Entdeckungsreise (Bd. II, S. 106) vortrefflich geschilderten Umständen die fast acht Jahre entzündet gebliebene Insel Agaschagokh (oder Sanctus Johannes Theologus) aus dem Meere erhoben. Nach einem von Krusenstern bekannt gemachten Berichte hatte sie im Jahre 1819 fast 4 geographische Meilen (30 km) im Umfang und noch 2100 Fuß (682 m) Höhe. Auf der Insel Unalaschka würden besonders die von dem scharfsinnigen Chamisso angegebenen Verhältnisse der hornblendereichen Trachyte des Vulkanes Matuschkin (5136 Fuß = 1668 m) zu dem schwarzen Porphyr (?) und dem nahen Granite verdienen, von einem mit dem Zustande der neueren Geologie vertrauten, die Zusammensetzung der Gebirgsarten oryktognostisch und sicher untersuchenden Beobachter erforscht zu werden. Von den zwei sich nahen Inseln der Pribylowgruppe, welche vereinzelt in dem Beringsmeer liegen, ist St. Paul ganz vulkanisch, reich an Lava und Bimsstein, wenn dagegen die St. Georgsinsel nur Granit und Gneis enthält.

Nach der vollständigsten Aufzählung, die wir bisher be-

sitzen, scheint die 240 geogr. Meilen (1780 km) lange Reihe der Aleuten über 34 meist in neuen, historischen Zeiten thätige Vulkane zu enthalten. So sehen wir hier (unter 54° und 60° Br. und 162° bis 198° westl. Länge) einen Streifen des ganzen Meeresgrundes zwischen zwei großen Kontinenten in steter, schaffender und zerstörender Wechselwirkung. Viele Inseln mögen in der Folge von Jahrtausenden wie in der Gruppe der Azoren, dem Erscheinen über der Meeresfläche nahe, viele lange erschienene ganz oder teilweise unbeachtet versunken sein! Zur Völkermischung, zum Uebergange von Volksstämmen bietet die aleutische Inselreihe einen Weg dar, welcher 13° bis 14° südlicher als der der Beringsstraße ist, auf welchem die Tschuktschen scheinen von Amerika nach Asien, und zwar bis jenseits des Anadyrflusses, übergegangen zu sein.

Die kurilische Inselreihe, von der Endspitze von Kamtschatka bis zum Kap Broughton (dem nordöstlichsten Vorgebirge von Jesso), in einer Länge von 180 geogr. Meilen (1335 km), erscheint mit 8 bis 10 meist noch entzündeten Vulkanen. Der nördlichste derselben, auf der Insel Alaid, bekannt durch große Ausbrüche in den Jahren 1770 und 1793, verdiente wohl endlich genau gemessen zu werden, da man seine Höhe bis zu 12000 und 14000 Fuß (3900 bis 4550 m) schätzt. Der weit niedrigere Pik Sarytschew (4227 Fuß = 1373 m nach Horner) auf Mataua und die südlichsten japanischen Kurilen: Urup, Jetorop und Kunasiri, haben sich auch als sehr thätige Vulkane gezeigt.

Nun folgen in der Vulkanreihe Jesso und die drei großen japanischen Inseln, über welche der berühmte Reisende, Herr von Siebold, zur Benutzung für den Kosmos mir eine große und wichtige Arbeit wohlwollend mitgeteilt hat. Sie wird das Unvollständige berichtigen, was ich in meinen Fragments de Geologie et de Climatologie asiatiques (T. I, 217 bis 234) und in der Asie centrale (T. II, p. 540 bis 552) der großen japanischen Encyklopädie entlehnte.

Die große, in ihrem nördlichen Teile sehr quadratische Insel Jesso (Br. 41½° bis 45½°), durch die Sangar- oder Tsugarstraße von Nippon, durch die Straße la Pérouse von der Insel Krafto (Kara-fu-to) getrennt, begrenzt durch ihr nordöstliches Kap den Archipel der Kurilen, aber unfern des nordwestlichen Kaps Romanzow auf Jesso, das sich 1½° mehr nach Norden an die Straße la Pérouse vorstreckt, liegt

unter Br. 45° 11′ der vulkanische Pic de Langle (5020 Fuß = 1630 m) auf der kleinen Insel Risiri. Auch Jesso selbst scheint von Brougthons südlicher Vulkanbai an bis gegen das Nordkap hin von einer Vulkanreihe durchschnitten zu sein, was um so merkwürdiger ist, als auf dem schmalen Krafto, das fast eine Fortsetzung vom Jesso ist, die Naturforscher der Lapérousischen Expedition in der Baie de Castries rote poröse Laven- und Schlackenfelder gefunden haben. Auf Jesso selbst zählt Siebold 17 Kegelberge, von denen der größere Teil erloschene Vulkane zu sein scheint. Der Kiaka, von den Japanern Usuga-Take, d. i. Mörserberg, genannt, wegen eines tief eingesunkenen Kraters und der Kajo-hori sollen beide noch entzündet sein. (Kommodore Perry sah zwei Vulkane bei dem Hafen Endermo, lat. 42° 17′, von der Vulkanbai aus.) Der hohe Manye (Krusensterns Kegelberg Pallas) liegt mitten auf der Insel Jesso, ungefähr in Br. 44°, etwas ost-nordöstlich von der Bai Strogonow.

„Die Geschichtsbücher von Japan erwähnen vor und seit unserer Zeitrechnung nur 6 thätige Vulkane, nämlich 2 auf der Insel Nippon und 4 auf der Insel Kiusiu. Die Vulkane von Kiusiu, der Halbinsel Korea am nächsten, sind, in ihrer geographischen Lage von Süden nach Norden gerechnet: 1) der Vulkan Mitake auf dem Inselchen Sayura-Sima, in der nach Süden geöffneten Bai von Kagosima (Provinz Satsuma, Br. 31° 33′, Lg. 128° 21′; 2) der Vulkan Kirisima im Distrikt Naka (Br. 31° 45,), Provinz Fiuga; 3) der Vulkan Aso jama im Distrikt Aso (Br. 32° 45′) Provinz Figo; 4) der Vulkan Wunzen auf der Halbinsel Simabara (Br. 32° 44), im Distrikt Takaku. Seine Höhe beträgt nach einer barometrischen Messung nur 1253 m oder 3856 Pariser Fuß, er ist also kaum 100 Fuß (32 m) höher als der Vesuv (Rocca del Palo). Die geschichtlich heftigste Eruption des Vulkanes Wunzen war die vom Februar 1793. Wunzen und Aso jama liegen beide ost-südöstlich von Nagasaki.

„Die Vulkane der großen Insel Nippon sind, wieder von Süden nach Norden gezählt: 1) Vulkan Fusi jama, kaum 4 geogr. Meilen (30 km) von der südlichen Küste entfernt, im Distrikt Fusi (Provinz Suruga, Br. 35° 8′, Lg. 136° 15′). Seine Höhe, gemessen wie der vorgenannte Vulkan Wunzen auf Kiusiu, von jungen, durch Siebold ausgebildeten Japanern, erreicht 3793 m oder 11 675 Par. Fuß; er ist also fast 300 Fuß (100 m) höher als der Pik von

Tenerifa, mit dem ihn schon Kämpfer vergleicht (Wilhelm Heine, Reise nach Japan 1856, Bd. II, S. 4). Die Erhebung dieses Kegelberges wird im 5. Regierungsjahre des VI. Mikado (286 Jahre vor unserer Zeitrechnung) mit diesen (geognostisch merkwürdigen) Worten beschrieben: ‚In der Landschaft Omi versinkt eine bedeutende Strecke Landes, ein Binnensee bildet sich und der Vulkan Fusi kommt zum Vorschein.‘ Die geschichtlich bekanntesten heftigsten Eruptionen aus den christlichen Jahrhunderten sind gewesen die von 799, 800, 863, 937, 1032, 1083 und 1707; seitdem ruht der Berg. 2) Vulkan Asama jama, der centralste der thätigen Vulkane im Inneren des Landes, 20 geogr. Meilen (148 km) von der süd-süd-östlichen und 13 Meilen (96 km) von der nord-nord-westlichen Küste entfernt, im Distrikt Saku (Provinz Sinano), Br. 36° 32′, Lg. 136° 18′, also zwischen den Meridianen der beiden Hauptstädte Mijako und Jedo. Bereits im Jahre 864 hatte, gleichzeitig mit dem Vulkan Fusi jama, der Asama jama einen Ausbruch. Besonders verheerend und heftig war der vom Monat Juli 1783. Seitdem bleibt der Asama jama in fortdauernder Thätigkeit.

„Außer diesen Vulkanen wurden von europäischen Seefahrern noch zwei kleine Inseln mit rauchenden Kratern beobachtet, nämlich: 3) das Inselchen Iwôgasima oder Iwôsima (sima bedeutet Insel und iwô Schwefel, ga ist bloß ein Affixum des Nominativs), île du Volcan nach Krusenstern, im Süden von Kiusiu, in der Straße Vandiemen, unter 30° 43′, nördl. Br. und 127° 58′ östl. Länge; nur 54 englische Meilen (87 km) vom oben genannten Vulkan Mitake entfernt; Höhe des Vulkanes 2220 Fuß (715 m). Dieses Inselchen erwähnt bereits Linschoten im Jahre 1596 mit den Worten: ‚Solches Eiland hat einen Vulkan, der ein Schwefel- oder feuriger Berg ist.‘ Auch findet es sich auf den ältesten holländischen Seekarten unter dem Namen Vulcanus (Fr. von Siebold, Atlas vom Japanischen Reiche Tab. XI). Krusenstein hat die Vulkaninsel rauchen gesehen (1804); ebenso Kapitän Blake 1838, wie Guérin und de la Roche Poncié 1846. Höhe des Kegels nach dem letzteren Seefahrer 2218 Fuß (715 m). Das felsige Inselchen, dessen Landgrebe in der Naturgeschichte der Vulkane (Bd. I, S. 355) nach Kämpfer unweit Firato (Firando) als Vulkans erwähnt, ist unstreitig Iwôsima; denn die Gruppe, zu welcher Iwôsima gehört, heißt Kiusiu ku sima, d. i. die 9 Inseln von Kiusiu, und nicht die 99 Inseln.

Eine solche Gruppe gibt es bei Firato, nördlich von Nagasaki, und überhaupt in Japan nicht. 4) Die Insel Ohosima (Barnevelds Eiland, île de Vries nach Krusenstern); sie wird zur Provinz Idsu auf Nippon gerechnet und liegt vor der Bucht von Wodawara unter 34° 42′ nördl. Br. und 137° 4′ östl. Lg. Broughton sah (1797) Rauch dem Krater entsteigen; vor kurzem hatte ein heftiger Ausbruch des Vulkanes statt. Von dieser Insel zieht sich eine Reihe kleiner vulkanischer Eilande in südlicher Richtung bis Fatsi sjô (33° 6′ nördl. Br.) hin und setzt sich bis nach den Boninınseln (26° 30′ nördl. Br. und 139° 45′ östl. Lg.) fort, welche nach A. Postels (Lutké, Voyage autour du monde dans les années 1826 à 1829, T. III, p. 117) auch vulkanisch und sehr heftigen Erdbeben unterworfen sind.

„Dies sind also die acht geschichtlich thätigen Vulkane im eigentlichen Japan, in und nahe den Inseln Kiusiu und Nippon. Außer diesen geschichtlich bekannten acht Vulkanen ist aber noch eine Reihe von Kegelbergen aufzuführen, von denen einige, durch sehr deutliche, oft tief eingeschnittene Krater ausgezeichnet, als längst erloschene Vulkane erscheinen, so der Kegelberg Kaimon, Krusensterns Pik Horner, im südlichsten Teile der Insel Kiusiu, an der Küste der Straße Vandiemen, in der Provinz Satsum (Br. 31° 9′), kaum 6 geogr. Meilen (45 m) entfernt in SSW von dem thätigen Vulkan Mitake; so auf Sikok der Kofusi oder kleine Fusi; auf dem Inselchen Kutsunasima (Provinz Ijo), Br. 33° 45′, an der östlichen Küste der großen Straße Suwo Nada oder van der Capellen, welcher die drei großen Teile des japanischen Reiches, Kiusiu, Sikok und Nippon, trennt. Auf dem letzten, der Hauptinsel, werden von Südwest nach Nordwest neun solcher, wahrscheinlich trachytischer, Kegelberge gezählt, unter welchen die merkwürdigsten sind: der Sira jama (weiße Berg) in der Provinz Kaga, Br. 36° 5′, welcher, wie der Tsjo kaisan in der Provinz Dewa (Br. 39° 10′), für höher als der südliche, über 11600 Fuß (3768 m) hohe Vulkan Fusi jama geschätzt wird. Zwischen beiden liegt in der Provinz Jetsigo der Jaki jama (Flammenberg, in Br. 36° 53′). Die zwei nördlichsten Kegelberge an der Tsugarstraße, im Angesicht der großen Insel Jesso, sind: 1) der Iwaki jama, welchen Krusenstern, der sich ein unsterbliches Verdienst um die Geographie von Japan erworben hat, den Pik Tilesius nennt (Br. 40° 42′), und 2) der Jake jama

(brennende Berg, Br. 41° 20′), in Nambu, auf der nordöstlichsten Endspitze von Nippon, mit Feuerausbrüchen seit ältester Zeit."

In dem kontinentalen Teile der nahen Halbinsel Korea oder Korai (sie verbindet sich unter den Parallelen von 34° und 34½° fast mit Kiusiu durch die Eilande Tsu sima und Iki) sind, trotz ihrer Gestaltsähnlichkeit mit der Halbinsel Kamtschatka bisher keine Vulkane bekannt geworden. Die vulkanische Thätigkeit scheint auf die nahegelegenen Inseln eingeschränkt zu sein. So stieg im Jahre 1007 der Inselvulkan Tsinmura, den die Chinesen Tanlo nennen, aus dem Meere hervor. Ein Gelehrter, Tien-kong-tschi, wurde ausgesandt, um das Phänomen zu beschreiben und ein Bild davon anzufertigen. Es ist besonders die Insel Se-he-sure (Quelpaerts der Holländer), auf welcher die Berge überall eine vulkanische Kegelform zeigen. Der Centralberg erreicht nach la Pérouse und Broughton 6000 Fuß (1950 m) Höhe. Wie viel Vulkanisches mag nicht noch in dem westlichen Archipel zu entdecken sein, wo der König der Koreer in seinem Titel sich König von 10000 Inseln nennt!

Von dem Pik Horner (Kaiman ga take), an der westlichen Südspitze von Kiusiu, im japanischen Dreiinselreiche, zieht sich in einem Bogen, der gegen Westen geöffnet ist, eine kleine vulkanische Inselreihe hin und begreift zwischen den Straßen Vandiemen und Colnett Jakuno sima und Tanega sima; dann südlich von der Straße Colnett in der Linschotengruppe von Siebold (Archipel Cecille des Kapitän Guérin), welche sich bis zum Parallel von 29° erstreckt, die Insel Suwase sima, die Vulkaninsel des Kapitän Belcher (Br. 29° 39′ und Lg. 127° 21′), in Höhe von 2630 Fuß (855 m) nach de la Roche Poncié; dann Basil Halls Schwefelinsel (Sulphur Island), die Tori sima oder Vogelinsel der Japaner, Lung-hoan-schan des Pater Gaubil, Br. 27° 51′, Lg. 125° 54′, nach der Bestimmung des Kapitän de la Roche Poncié von 1848. Da sie auch Iwô sima genannt wird, so ist sie nicht mit der homonymen nördlicheren Insel in der Straße Vandiemen zu verwechseln. Die erstere ist von Basil Hall vortrefflich beschrieben worden. Zwischen 26° und 27 Breite folgen die Gruppe der Lieu-Kieu- oder Lew-Chewinseln (von den Bewohnern Lu Tschu genannt), von denen Klaproth bereits 1824 eine Spezialkarte geliefert hat, und südwestlicher der kleine Archipel von Madschiko sima, welcher sich an die

große Insel Formosa anschließt und von mir als das Ende der ostasiatischen Inseln betrachtet wird. Nahe bei der östlichen Küste von Formosa (lat. 24°) ist vom Lieutenant Boyle im Oktober 1853 ein großer Vulkanausbruch im Meere beobachtet worden (Kommodore Perry, Exped. to Japan Vol. I, p. 500). In den Bonininseln (Buna sima der Japaner, lat. 26½ 27¾°, lg. 139° 55′) hat Peels Insel mehrere schwefel- und schlackenreiche, wie es scheint, vor nicht langer Zeit ausgebrannte Krater (Perry I, p. 200 und 209).

VI. Südasiatische Inseln.

Wir begreifen unter diese Abteilung Formosa (Thaywan), die Philippinen, die Sundainseln und die Molukken. Die Vulkane von Formosa hat uns zuerst Klaproth nach chinesischen, immer so ausführlich naturbeschreibenden Quellen kennen gelehrt.[160] Es sind ihrer vier, unter denen der Tschy-kang (Rotberg), mit einem heißen Kratersee, große Feuerausbrüche gehabt hat. Die kleinen Baschiinseln und die Babuyanen, welche noch 1831 nach Meyens Zeugnis einen heftigen Feuerausbruch erlitten, verbinden Formosa mit den Philippinen, von denen die zerstückelten und kleineren Inseln die vulkanreichsten sind. Leopold von Buch zählt auf ihnen 19 hohe isolierte Kegelberge, im Lande Volcanes genannt, aber wahrscheinlich teilweise geschlossene trachytische Dome. Dana glaubt, daß es im südlichen Luzon jetzt nur zwei entzündete Vulkane gibt: den Vulkan Taal, der sich in der Laguna de Bongbong erhebt, mit einem Zirkus, welcher wiederum eine Lagune einschließt (Kosmos Bd. IV, S. 207), und in dem südlichen Teile der Halbinsel Camarines den Vulkan Albay oder Mayon, welchen die Eingeborenen Isaroe nennen. Letzterer (3000 Fuß = 974 m hoch) hatte große Eruptionen in den Jahren 1800 und 1814.[161] In dem nördlichen Teile von Luzon sind Granit und Glimmerschiefer, ja selbst Sedimentformationen mit Steinkohlen verbreitet.

Die langgedehnte Gruppe der Sulu-(Solo-)Inseln (wohl 100 an der Zahl), verbindend Mindanao und Borneo, ist teils vulkanisch, teils von Korallenriffen durchzogen. Isolierte ungeöffnete, trachytische, kegelförmige Piks werden freilich von den Spaniern oft Volcanes genannt.

Wenn man alles, was im Süden vom fünften nördlichen Breitengrade (im Süden von den Philippinen) zwischen den Meridianen der Nikobaren und des Nordwestens von Neuguinea liegt, also die großen und kleinen Sundainseln und die Molukken, streng durchmustert, so findet man als Resultat der großen Arbeit des Dr. Junghuhn „in einem Kranz von Inseln, welche das fast kontinentale Borneo umgeben, 109 hohe feuerspeiende Berge und 10 Schlammvulkane“. Dies ist nicht eine ungefähre Schätzung, sondern eine wirkliche Aufzählung.

Borneo, die Giava maggiore des Marco Polo,[162] bietet bis jetzt noch keine sichere Kunde von einem thätigen Vulkane dar; aber freilich sind auch nur schmale Streifen des Litorales (an der Nordwestseite bis zur kleinen Küsteninsel Labuan) und bis zum Kap Balambangan, an der Westküste am Ausfluß des Pontianak, an der südöstlichen Spitze im Distrikt Bandschermas-Sing wegen der Gold-, Diamant- und Platinawäschen bekannt. Man glaubt auch nicht, daß der höchste Berg der ganzen Insel, vielleicht der ganzen südasiatischen Inselwelt, der zweigipfelige Kina Bailu an der Nordspitze, nur 8 geogr. Meilen (60 km) von der Piratenküste entfernt, ein Vulkan sei. Kapitän Belcher findet ihn 12850 Par. Fuß (4174 m) hoch, also fast noch 4000 Fuß (1300 m) höher als den Gunung Pasaman (Ophir) von Sumatra.[163] Dagegen nennt Radscha Brooke in der Provinz Sarawak einen viel niedrigeren Berg, dessen Name Gunung Api (Feuerberg im Malaiischen) wie seine umherliegenden Schlacken auf eine ehemalige vulkanische Thätigkeit schließen lassen. Große Niederlagen von Goldsand zwischen quarzigen Gangstücken, das viele Waschzinn der Flüsse an entgegengesetzten Ufern, der feldspatreiche Porphyr von den Sarambobergen deuten auf eine große Verbreitung sogenannter Ur- und Uebergangsgebirge. Nach den einzigen sicheren Bestimmungen, welche wir von einem Geologen besitzen (von dem Dr. Ludwig Horner, Sohn des verdienstvollen Züricher Astronomen und Weltumseglers), werden im südöstlichen Teile von Borneo in mehreren schwunghaft bearbeiteten Wäschen vereint, ganz wie am sibirischen Ural: Gold, Diamanten, Platina, Osmium und Iridium (doch bisher nicht Palladium) gefunden. Formationen und Serpentin, Gabbro und Syenit gehören in großer Nähe einer 3200 Fuß (1040 m) hohen Gebirgskette, der der Ratuhsberge, an.

Von den übrigen drei großen Sundainseln werden nach Junghuhn der noch jetzt thätigen Vulkane auf Sumatra 6 bis 7, auf Java 20 bis 23, auf Celebes 11, auf Flores 6 gezählt. Von den Vulkanen der Insel Java haben wir schon oben (Kosmos Bd. IV, S. 233 bis 240) umständlich gehandelt. In dem noch nicht ganz durchforschten Sumatra sind unter 19 Kegelbergen von vulkanischem Ansehen 6 thätig. Als solche sind erkannt: der Gunung Indrapura, ungefähr 11 500 Fuß (3735 m) hoch, nach zur See gemessenen Höhenwinkeln, und vielleicht von gleicher Höhe als der genauer gemessene Semeru oder Maha-Meru auf Java: der vom Dr. L. Horner erstiegene Gunung Pasaman, auch Ophir genannt (9010 Fuß = 2927 m), mit einem fast erloschenen Krater; der schwefelreiche Gunung Salasi, mit Schlackenauswürfen in den Jahren 1833 und 1845; Gunung Merapi (8980 Fuß = 2917 m), ebenfalls von Dr. L. Horner, in Begleitung des Dr. Korthals, im Jahre 1834 erstiegen, der thätigste aller Vulkane Sumatras, und nicht mit den zwei gleichnamigen von Java zu verwechseln; Gunung Ipu, ein abgestumpfter rauchender Kegel; Gunung Dempo im Binnenlande von Benkulen, zu 10 000 Fuß (3250 m) Höhe geschätzt.

So wie vier Inselchen als Trachytkegel, unter denen der Pik Rekata und Panahitam (die Prinzeninseln) die höchsten sind, in der Sundastraße aufsteigen und die Vulkanreihe von Sumatra mit der gedrängten Reihe von Java verbinden, so schließt sich das östliche Ende Javas mit seinem Vulkan Idjen durch die thätigen Vulkane Gunung Batur und Gunung Agung auf der nahen Insel Bali an die lange Kette der kleinen Sundainseln an. In dieser folgen östlich von Bali der rauchende, nach der trigonometrischen Messung des Herrn Melville de Carnbee 11 600 Fuß (3768 m) hohe Vulkan Rindschani auf der Insel Lombok, der Temboro (5500 Fuß = 1786 m) auf Sumbawa oder Sambawa, dessen die Luft verfinsternder Aschen- und Bimssteinausbruch (April 1815) zu den größten gehört, deren Andenken die Geschichte aufbewahrt hat, sechs zum Teil noch rauchende Kegelberge auf Flores ...

Die große, vielarmige Insel Celebes enthält sechs Vulkane, die noch nicht alle erloschen sind; sie liegen vereinigt auf der nordöstlichen schmalen Halbinsel Menado. Neben ihnen sprudeln siedend heiße Schwefelquellen, in deren eine, nahe dem Wege von Sonder nach Lamovang, ein vielgewanderter und frei beobachtender Reisender, mein piemon-

tesischer Freund, der Graf Carlo Vidua, einsank und an Brandwunden, welche der Schlamm erzeugte, den Tod fand. Wie in den Molukken die kleine Insel Banda aus dem von 1586 bis 1824 thätigen, kaum 1700 Fuß (552 m) Höhe erreichenden Vulkan Gunung Api, so besteht die größere Insel Ternate auch nur aus einem einzigen, an 5400 Fuß (1754 m) hohen Kegelberge, Gunung Gama Lama, dessen heftige Ausbrüche von 1838 bis 1849 (nach mehr als anderthalbhundertjähriger gänzlicher Ruhe) zu zehn verschiedenen Epochen beschrieben worden sind. Nach Junghuhn ergoß sich bei der Eruption vom 3. Februar 1840 aus einer Spalte nahe bei dem Fort Toluka ein Lavastrom, der bis zum Gestade herabfloß, „sei es, daß die Lava eine zusammenhängende, ganz geschmolzene Masse bildete, oder sich in glühenden Bruchstücken ergoß, welche herabrollten und durch den Druck der darauf folgenden Massen über die Ebene hingeschoben wurden". Wenn zu den hier einzeln genannten wichtigeren vulkanischen Kegelbergen die vielen sehr kleinen Inselvulkane zugefügt werden, deren hier nicht Erwähnung geschehen konnte, so steigt, wie schon oben erinnert worden ist, die Schätzung aller südlich von dem Parallel des Kaps Serangani auf Mindanao, einer der Philippinen, und zwischen den Meridianen des Nordwestkaps von Neuguinea im Osten und der Nikobaren- und Andamangruppe in Westen gelegenen Feuerberge auf die große Zahl von 109. Diese Schätzung ist in dem Sinne gemacht, als „auf Java 45, meist kegelförmige und mit Kratern versehene Vulkane aufgezählt werden." Von diesen sind aber nur 21, von der ganzen Summe der 109 etwa 42 bis 45, als jetzt oder in historischen Zeiten thätige erkannt. Der mächtige Pik von Timor diente einst den Seefahrern zum Leuchtturme, wie Stromboli. Auf der kleinen Insel Pulu Batu (auch P. Komba genannt), etwas nördlich von Flores, sah man 1850 einen Vulkan glühende Lava bis an den Meeresstrand ergießen, ebenso früher (1812) und ganz neuerlich, im Frühjahre 1856, den Pik auf der größeren Sangirinsel zwischen Magindanao und Celebes. Ob auf Amboina der berufene Kegelberg Wawani oder Ateti mehr als heißen Schlamm 1674 ergossen habe, bezweifelt Junghuhn und schreibt gegenwärtig die Insel nur den Solfataren zu. Die große Gruppe der südasiatischen Inseln hängt durch die Abteilung der westlichen Sundainseln mit den Nikobaren und Andamanen des Indischen Ozeans, durch die Abteilung der

Molukken und Philippinen mit den Papua, Pelewinseln und Karolinen der Südsee zusammen. Wir lassen aber hier zuerst die minder zahlreichen und zerstreuteren Gruppen des Indischen Ozeans folgen.

VII. Der Indische Ozean.

Er begreift den Raum zwischen der Westküste der Halbinsel Malakka oder der Birmanen bis zur Ostküste von Afrika, also in seinem nördlichen Teile den Bengalischen Meerbusen und das Arabische und Aethiopische Meer einschließend. Wir folgen der vulkanischen Thätigkeit des Indischen Ozeans in der Richtung von Nordost nach Südwest.

Barren Island (die wüste Insel) in dem Bengalischen Meerbusen, etwas östlich von der größen Andamansinsel (Br. 12° 15′), wird mit Recht ein thätiger Ausbruchkegel genannt, der aus einem Erhebungskrater hervorragt. Das Meer dringt durch eine schmale Oeffnung ein und füllt ein inneres Becken. Die Erscheinung dieser, von Horsburgh 1791 aufgefundenen Insel ist überaus lehrreich für die Bildungstheorie vulkanischer Gerüste. Man sieht hier vollendet und permanent, was in Santorin und an anderen Punkten der Erde die Natur nur vorübergehend darbietet. Die Ausbrüche im November 1803 waren, wie die des Sangay in den Kordilleren von Quito, sehr bestimmt periodisch, mit Intervallen von 10 Minuten. Leopold von Buch in den Abhandl. der Berl. Akademie aus den Jahren 1818 bis 1819, S. 62.

Die Insel Narcondam (Br. 13° 24′), nördlich von Barren Island, hat auch in früheren Zeiten vulkanische Thätigkeit gezeigt, ebenso wie noch nördlicher und der Küste von Arrakan nahe (10° 52′), der Kegelberg der Insel Cheduba (Sillimans American Journal Vol. 38, p. 385.

Der thätigste Vulkan, nach der Häufigkeit des Lavaergusses gerechnet, nicht bloß in dem Indischen Ozean, sondern fast in der ganzen Südhemisphäre zwischen den Meridianen der Westküste von Neuholland und der Ostküste von Amerika, ist der Vulkan der Insel Bourbon in der Gruppe der Maskarenen. Der größere, besonders der westliche und innere Teil der Insel ist basaltisch. Neuere olivinarme Basaltgänge durchsetzen das ältere olivinreiche Gestein, auch Schichten von Ligniten sind in Basalt eingeschlossen. Die Kulminationspunkte der Gebirgsinsel sind le Gros Morne und les trois

Salazes, deren Höhe la Caille zu 10 000 Fuß (3250 m) überschätzte. Die vulkanische Thätigkeit ist jetzt auf den südöstlichen Teil, le Grand Pays brûlé, eingeschränkt. Der Gipfel des Vulkanes von Bourbon, welcher fast jedes Jahr nach Hubert zwei, oft das Meer erreichende Lavaströme gibt, hat nach der Messung von Berth 7507 Fuß (2439 m) Höhe. Er zeigt viele Ausbruchkegel, denen man besondere Namen gegeben hat und die abwechselnd speien. Die Ausbrüche am Gipfel sind selten. Die Laven enthalten glasigen Feldspat, und sind daher mehr trachytisch als basaltisch. Der Aschenregen enthält oft Olivin in langen und feinen Fäden, ein Phänomen, das sich am Vulkan von Owaihi wiederholt. Ein starker, die ganze Insel Bourbon bedeckender Ausbruch solcher Glasfäden ereignete sich im Jahre 1821.

Von der nahen und großen Terra incognita, Madagaskar, sind nur bekannt die weite Verbreitung des Bimssteins bei Tintingue, der französischen Insel Sainte Marie gegenüber, und das Vorkommen des Basaltes südlich von der Bai von Diego Suarez, nahe bei dem nördlichsten Kap d'Ambre, umgeben von Granit und Gneis. Der südliche Centralrücken der Ambohistmeneberge wird (wohl sehr ungewiß) auf 10 000 Fuß (3250 m) geschätzt. [164] Westlich von Madagaskar, im nördlichen Ausgange des Kanals von Mosambik, hat die größte der Komoroinseln einen brennenden Vulkan (Darwin, Coral Reefs p. 122).

Die kleine vulkanische Insel St. Paul (38° 38′), südlich von Amsterdam, wird vulkanisch genannt nicht bloß wegen ihrer Gestaltung, welche an die von Santorin, Barren Island und Deception Island in der Gruppe der New Shetlandinseln lebhaft erinnert, sondern auch wegen der mehrfach beobachteten Feuer- und Dampferuptionen in der neueren Zeit. Die sehr charakteristische Abbildung, welche Valentyn in seinem Werke über die Bandainseln bei Gelegenheit der Expedition des Willem de Vlaming (November 1696) gibt, stimmt vollkommen, wie die Breitenangabe, mit den Abbildungen im Atlas der Expedition von Macartney und der Aufnahme von Kapitän Blackwood (1842) überein. Die kraterförmige, fast eine englische Meile (1,6 km) weite, runde Bai ist von nach innen senkrecht abgestürzten Felsen überall umgeben, mit Ausnahme einer schmalen Oeffnung, durch welche das Meer bei Flutzeit eintritt. Die die Kraterränder bildenden Felsen fallen nach außen sanft und niedrig ab.

Die 50 Minuten nördlicher gelegene Insel Amsterdam (37° 48′) besteht nach Valentyns Abbildung aus einem einzigen, waldreichen, etwas abgerundeten Berge, auf dessen höchstem Rücken sich ein kleiner kubischer Fels, fast wie auf dem Cofre de Perote im mexikanischen Hochlande, erhebt. Während der Expedition von d'Entrecasteaux (März 1792) wurde die Insel zwei Tage lang ganz in Flammen und Rauch gehüllt gesehen. Der Geruch des Rauches schien auf einen Wald- und Erdbrand zu deuten, man glaubte freilich hier und da auch Dampfsäulen aus dem Boden nahe dem Ufer aufsteigen zu sehen, doch waren die Naturforscher, welche die Expedition begleiteten, schließlich der Meinung, daß das rätselhafte Phänomen wenigstens nicht dem Ausbruche [165] des hohen Berges, als eines Vulkans, zuzuschreiben sei. Als sicherere Zeugen älterer und echt vulkanischer Thätigkeit auf der Insel Amsterdam dürfte man wohl eher die Schichten von Bimsstein (uitgebranden puimsteen) anführen, deren schon Valentyn nach Vlamings Schiffsjournal von 1696 erwähnt.

In Südost der Endspitze von Afrika liegen Marions- oder Prinz Eduardsinsel (47° 2′) und Possession Island (46° 28′ Br. und 49° 36′ Lg.), zur Crozetgruppe gehörig. Beide zeigen Spuren ehemaliger vulkanischer Thätigkeit, kleine konische Hügel, mit Ausbruchöffnungen von säulenförmigem Basalt umgeben.

Oestlich, fast in derselben Breite, folgt Kerguelensinsel (Cooks Island of Desolation), deren erste geologische Beschreibung wir ebenfalls der folgereichen, glücklichen Expedition von Sir James Roß verdanken. Bei dem von Cook benannten Christmas Harbour (Br. 48° 41′, Lg. 66° 42′) umwickeln Basaltlaven mehrere Fuß dicke, fossile Holzstämme; dort bewundert man auch den malerischen Arched Rock, eine natürliche Durchfahrtsöffnung in einer schmalen vortretenden Basaltmauer. In der Nähe befinden sich Kegelberge, deren höchste zu 2500 Fuß (812 m) ansteigen, mit ausgebrannten Kratern, Grünstein- und Porphyrmassen, von Basaltgängen durchsetzt, Mandelstein mit Quarzdrusen bei Cumberland Bay. Am merkwürdigsten sind die vielen Kohlenschichten, von Trappfels (Dolerit wie am hessischen Meißner?) bedeckt, im Ausgehenden von der Dicke weniger Zolle bis 4 Fuß (1,3 m) Mächtigkeit.

Wenn man einen allgemeinen Blick auf das Gebiet des Indischen Ozeans wirft, so sieht man die in Sumatra nord-

westlich gekrümmte Extremität der Sundareihe sich verlängern durch die Nikobaren, die großen und kleinen Andamanen, und die Vulkane von Barren Island, Narcondam und Cheduba fast parallel der Küste von Malakka und Tenasserim in den östlichen Teil des Meerbusens von Bengalen eintreten. Längs den Küsten von Orissa und Koromandel ist der westliche Teil des Busens inselfrei, denn das große Ceylon hat, wie Madagaskar, einen mehr kontinentalen Charakter. Dem jenseitigen Litorale der vorderindischen Halbinsel (der Hochebene von Nil-Gerri, und den Küsten von Kanara und Malabar) gegenüber schließt von 14° nördlicher bis 8° südlicher Breite eine nordsüdlich gerichtete Reihe von drei Archipelen (der Lakediven, Maldiven und Chagos) sich durch die Bänke von Sahia de Malha und Cargados Carajos an die vulkanische Gruppe der Maskarenen und an Madagaskar an, alles, soweit es sichtbar, Gebäude von Korallenpolypen, wahre Atolls oder Lagunenriffe, nach Darwins geistreichen Vermutungen, daß hier ein weiter Raum des Meergrundes nicht eine Erhebungs-, sondern eine Senkungsfläche (area of subsidence) bildet.

VIII. Die Südsee.

Wenn man den Teil der Erdoberfläche, welcher gegenwärtig von Wasser bedeckt ist, mit dem Areal des Festen vergleicht (ungefähr im Verhältnis von 2,7 zu 1), so erstaunt man in geologischer Hinsicht über die Seltenheit der heute noch thätig gebliebenen Vulkane in der ozeanischen Region. Die Südsee, deren Oberfläche beinahe um 1/6 größer ist als die Oberfläche aller Festen unseres Planeten, die Südsee, welche in der Aequinoktialregion von dem Archipel des Galapagos bis zu den Pelewinseln eine Breite von nahe an 2/5 des ganzen Erdumkreises hat, zeigt weniger rauchende Vulkane, weniger Oeffnungen, durch welche das Innere des Planeten noch mit seiner Luftumhüllung in thätigem Verkehr steht, als die einzige Insel Java. Der Geologe der großen amerikanischen Exploring Expedition (1838 bis 1842) unter dem Befehle von Charles Wilkes, der geistreiche James Dana, hat das unverkennbare Verdienst, sich auf seine eigenen Erforschungen und die fleißige Zusammenstellung aller sicheren anderen Beobachtungen gründend, zuerst durch Verallgemeine-

rung der Ansichten über Gestaltung, Verteilung und Achsenrichtung der Inselgruppen, über Charakter der Gebirgsarten, Perioden der Senkung und Erhebung großer Strecken des Meeresbodens ein neues Licht über die Inselwelt der Südsee verbreitet zu haben. Wenn ich aus seinem Werke und aus den vortrefflichen Arbeiten von Charles Darwin, dem Geologen der Expedition des Kapitän Fitzroy (1832 bis 1836) schöpfe, ohne sie jedesmal einzeln zu nennen, so kann bei der hohen Achtung, welche ich ihnen seit so vielen Jahren zolle, dies hier nicht gemißdeutet werden.

Ich vermeide gern die so willkürlichen und nach ganz verschiedenen Grundsätzen der Vielheit und Größe, oder der Hautfarbe und Abstammung der Bewohner geschaffenen Abteilungen: Polynésie, Micronésie, Melanésie und Malaisie, [166] und beginne die Aufzählung der noch thätigen Vulkane der Südsee mit denen, welche nördlich vom Aequator liegen. Ich gehe später in der Richtung von Osten nach Westen zu den zwischen dem Aequator und dem Parallel von 30° südl. Breite liegenden Inseln über. Die vielen Basalt- und Trachytinselchen, mit ihren zahllosen, zu ungleicher Zeit einst eruptiven Kratern, dürfen allerdings nicht ordnungslos zerstreut [167] genannt werden. Man erkennt bei der größeren Zahl, daß ihre Erhebung auf weit ausgedehnten Spalten und unterseeischen Gebirgszügen geschah, die regions- und gruppenweise bestimmten Richtungen folgen und, ganz wie wir bei den kontinentalen Gebirgszügen von Innerasien und vom Kaukasus erkennen, zu verschiedenen Systemen gehören, aber die Raumverhältnisse der Oeffnungen, welche zu einer bestimmten Epoche sich noch gleichzeitig thätig zeigen, hängen bei ihrer so überaus geringen Zahl wahrscheinlich von den sehr lokalen Störungen ab, welche die zuführenden Spalten erleiden. Linien, die man versuchen könnte durch drei, jetzt gleichzeitig thätige Vulkane zu legen, deren gegenseitige Entfernung zwischen 600 und 750 geogr. Meilen (4450 bis 5560 km) beträgt, ohne eruptive Zwischenglieder (ich bezeichne drei gegenwärtig zugleich entzündete Vulkane: Mauna Loa mit Kilauea an seinem östlichen Abhange, den Kegelberg von Tanna in den Neuen Hebriden, und Assumption in den nördlichen Ladronen), würden uns über nichts belehren können, was im allgemeinen mit der Genesis der Vulkane im Becken der Südsee zusammenhängt. Anders ist es, wenn man sich auf einzelne Inselgruppen beschränkt und sich in die vielleicht

vorhistorischen Epochen versetzt, wo die vielen, jetzt erloschenen, aneinander gereihten Krater der Ladronen (Marianen), der Neuen Hebriden und der Salomonsinsel thätig waren, aber dann gewiß nicht in einer Richtung von Südost nach Nordwest oder von Norden nach Süden allmählich erloschen. Ich nenne hier vulkanische Inselreihen des hohen Meeres, denen aber auch analog sind die Aleuten und andere wahre Küsteninseln. Allgemeine Schlüsse über die Richtung eines Erkaltungsprozesses sind täuschend, weil die freie oder gestörte Zuleitung temporär darauf einwirkt.

Mauna Loa* (nach englischer Schreibart Mouna Loa), durch die genaue Messung der amerikanischen Exploring Expedition von Kapitän Wilkes 12 909 Fuß = 4186 m hoch befunden, also 1500 Fuß (487 m) höher als der Pik von Tenerifa, ist der mächtigste Vulkan der Südseeinseln und der einzige jetzt noch recht thätige in dem ganz vulkanischen Archipelagus der Hawai- oder Sandwichinseln. Die Gipfelkrater, von denen der größere über 12 000 Fuß (3900 m) Durchmesser hat, zeigen im gewöhnlichen Zustande einen festen, von erkalteter Lava und Schlacken gebildeten Boden, aus welchem kleine dampfende Auswurfskegel aufsteigen. Die Gipfelöffnungen sind im ganzen wenig thätig, doch haben sie im Juni 1832 und im Januar 1843 viele Wochen lang dauernde Eruptionen gegeben, ja Lavaströme von 5 bis 7 geogr. Meilen (37 bis 52 km) Länge, den Fuß des Mauna Kea erreichend. Das Gefälle (die Inklination) des ganz zusammenhängenden, fließenden Stroms war meist 6°, oft 10° bis 15°, ja selbst 25°. Sehr merkwürdig ist die Gestaltung des Mauna Loa dadurch, daß der Vulkan keinen Aschenkegel hat, wie der Pik von Tenerifa, wie Cotopaxi und so viele andere Vulkane, auch daß Bimsstein fast ganz fehlt,[168] unerachtet die schwärzlich grauen, mehr trachytartigen als basaltischen Laven des Gipfels feldspatreich sind. Für die außerordentliche Flüssigkeit der Laven des Mauna Loa, sie mögen aus dem Gipfelkrater (Mokua-weo-weo) oder aus dem Lavasee (am östlichen Abfall des Vulkanes, in nur 3724 Fuß = 1210 m Höhe über dem Meere) aufsteigen, zeugen die bald glatten, bald gekräuselten Glasfäden, welche der Wind über die ganze Insel verbreitet. Dieses Haarglas, das auch der Vulkan von Bourbon ausstößt, wird auf Hawai (Owaihi) nach der Schutzgöttin des Landes Peles Haar genannt.

Dana hat scharfsinnig gezeigt, daß Mauna Loa kein

Centralvulkan für die Sandwichinseln und der Lavasee Kilauea keine Solfatare ist.[169] Das Becken des Kilauea hat im langen Durchmesser 15000 Fuß (fast ²/₃ einer geogr. Meile = 4870 m), im kleinen Durchmesser 7000 Fuß (2270 m). Die dampfend aufkochende und aufsprühende Flüssigkeit, der eigentliche Lavapfuhl, füllt aber im gewöhnlichen Zustande nicht diese ganze Höhlung, sondern nur einen Raum, der im Längendurchmesser 13000 (4220 m), im Breitendurchmesser 4800 Fuß (1560 m) hat. Man steigt an den Kraterrändern stufenweise herab. Das große Phänomen läßt einen wunderbaren Eindruck von Stille und feierlicher Ruhe. Die Nähe eines Ausbruches verkündigt sich hier nicht durch Erdbeben oder unterirdisches Geräusch, sondern bloß durch plötzliches Steigen und Fallen der Oberfläche der Lava, bisweilen mit einem Unterschiede von 300 und 400 Fuß (100 bis 130 m) bis zur Erfüllung des ganzen Beckens. Wenn man geneigt wäre, nicht achtend die ungeheuren Unterschiede der Dimensionen, das Riesenbecken von Kilauea mit den kleinen, durch Spallanzani zuerst berühmt gewordenen Seitenkratern am Abhange des Stromboli in ⁴/₅ Höhe des am Gipfel ungeöffneten Berges zu vergleichen, also mit Becken aufkochender Lava von nur 30 bis 200 Fuß (10 bis 65 m) Durchmesser, so müßte man vergessen, daß die Feuerschlünde am Abhange des Stromboli Schlacken bis zu großer Höhe ausstoßen, ja selbst Laven ergießen. Wenn der große Lavasee von Kilauea (der untere und sekundäre Krater des thätigen Vulkanes Mauna Loa) auch bisweilen seine Ränder zu überströmen droht, so erzeugt er doch nie durch wirklich erreichte Ueberströmung einen eigentlichen Lavastrom. Diese entstehen durch Abzug nach unten, durch unterirdische Kanäle, durch Bildung neuer Ausbruchsöffnungen in der Entfernung von 4 bis 5 geogr. Meilen (30 bis 37 km), also in noch weit tiefer liegenden Punkten. Nach solchen Ausbrüchen, welche der Druck der ungeheuren Lavamasse im Becken von Kilauea veranlaßt, sinkt die flüssige Oberfläche in diesem Becken.[170]

Von den zwei anderen hohen Bergen Hawais, Mauna Kea und Mauna Hualalai, ist der erstere nach Kapitän Wilkes 180 Fuß (58 m) höher als Mauna Loa, ein Kegelberg, auf dessen Gipfel jetzt nicht mehr ein Terminalkrater, sondern nur längst erloschene Schlackenhügel zu finden sind. Mauna Hualalai* hat ungefähr 9400 Fuß (3050 m) Höhe, und ist noch gegenwärtig entzündet. Im Jahre 1801 war eine

Eruption, bei welcher die Lava westwärts das Meer erreichte. Den drei Bergkolossen Loa, Kea und Hualalai, die aus dem Meeresboden aufstiegen, verdankt die ganze Insel Hawai ihre Entstehung. In der Beschreibung der vielen Besteigungen des Mauna Loa, unter denen die der Expedition von Kapitän Wilkes sich auf 28 Tage lange Forschungen gründete, wird von Schneefall bei einer Kälte von 5 bis 8 Centesimalgraden unter dem Gefrierpunkt, auch von einzelnen Schneeflecken geredet, welche man schon in der Ferne durch Teleskope am Gipfel des Vulkanes unterscheiden konnte, nie aber von perpetuierlichem Schnee.[171] Ich habe schon früher erinnert, daß nach den Höhenmessungen, die man gegenwärtig für die genauesten halten kann, der Mauna Loa (12 909 Fuß = 4186 m) und Mauna Kea (13 089 Fuß = 4252 m) noch um 950 und 770 Fuß (308 und 250 m) niedriger sind, als ich die untere Grenze des ewigen Schnees in dem Kontinentalgebirge von Mexiko unter 19½° Breite gefunden habe. Auf einer kleinen Insel sollte wegen geringerer Temperatur der unteren Luftschichten in der heißesten Jahreszeit der Tropenzone und wegen des größeren Wassergehaltes der oberen Atmosphäre die ewige Schneelinie wohl etwas tiefer liegen.

Die Vulkane von Tafoa* und Amargura* in der Tongagruppe sind beide thätig, und der letztere hat einen beträchtlichen Lavaausfluß am 9. Juli 1847 gehabt. Ueberaus merkwürdig und mit den Erfahrungen übereinstimmend, daß die Korallentiere die Küsten jetzt oder vor nicht langer Zeit entzündeter Vulkane scheuen, ist der Umstand, daß die an Korallenriffen reichen Tongainseln Tafoa und der Kegel von Kao davon ganz entblößt sind.

Es folgen die Vulkane von Tanna* und Ambrym*, letzterer westlich von Mallicollo in dem Archipel der Neuen Hebriden. Der Vulkan von Tanna, zuerst von Reinhold Forster beschrieben, wurde schon bei Cooks Entdeckung der Insel 1774 in vollem Ausbruch gefunden. Er ist seitdem immer thätig geblieben. Da seine Höhe kaum 430 Fuß (140 m) beträgt, so ist er mit dem bald zu nennenden Vulkan von Mendaña und dem japanischen Vulkan von Kosima einer der niedrigsten feuerspeienden Kegelberge. Auf Mallicollo findet sich viel Bimsstein.

Mathew's Rock*, eine sehr kleine rauchende Felsinsel von kaum 1110 Fuß (358 m) Höhe, deren Ausbruch d'Urville im Januar 1828 beobachtet hat. Sie liegt im Osten von der Südspitze Neukaledoniens.

Vulkan von Tinakoro* in der Vanikoro- oder Santa Cruzgruppe.

In demselben Archipel von Santa Cruz, wohl gegen 20 geogr. Meilen (148 km) in NNW von Tinakoro, erhebt sich aus dem Meere, mit kaum 200 Fuß (65 m) Höhe, der schon von Mendaña 1595 gesehene Vulkan* (Br. 10° 23' südl.). Seine Feuerausbrüche sind bisweilen periodisch von 10 zu 10 Minuten gewesen, bisweilen, wie zur Zeit der Expedition von d'Entrecasteaux, war der Krater selbst die Dampfsäule.

In der Salomonsgruppe ist entzündet der Vulkan der Insel Sesarga*. Nahe dabei, also auch noch am südöstlichen Ende der langen Inselreihe gegen die Vanikoro- oder Santa Cruzgruppe hin wurde schon an der Küste von Guadalcanar vulkanische Ausbruchthätigkeit bemerkt.

In den Ladronen oder Marianen, im nördlichen Teile der Inselreihe, die auf einer Meridianspalte ausgebrochen scheint, sollen noch thätig sein Guguan*, Pagon* und der Volcan grande von Asuncion*.

Die Küstenrichtung des kleinen Kontinentes von Neuholland, besonders die Veränderung derselben, welche die Ostküste unter 25° südlicher Breite (zwischen Kap Hervey und der Moretonbai) erleidet, scheint sich in der Zone nahe gelegener östlicher Inseln zu reflektieren. Die große südliche Insel von Neuseeland und die Kermadec- und Tongagruppe streichen von Südwest nach Nordost, wie dagegen der nördliche Teil der Nordinsel von Neuseeland, von der Bay of Plenty bis Kap Oton, Neukaledonien und Neuguinea, die Neuen Hebriden, die Salomonsinseln, Neuirland und Neubritannien von Südost in Nordwest, meist N 48° W streichen. Leopold von Buch hat zuerst sehr scharfsinnig auf dieses Verhältnis zwischen Kontinentalmassen und nahen Inseln im Griechischen Archipel und dem australischen Korallenmeere aufmerksam gemacht. Auch auf den Inseln des letzten Meeres fehlen nicht, wie schon beide Forster (Cooks Begleiter) und la Billardière gelehrt, Granit und Glimmerschiefer, die quarzreichen, einst sogenannten uranfänglichen Gebirgsarten. Dana hat sie ebenfalls auf der Nordinsel von Neuseeland, westlich von Tipuna in der Bay of Islands gesammelt.

Neuholland zeigt nur in seiner Südspitze (Australia Felix), am Fuße und südlich von dem Grampiangebirge frische Spuren alter Entzündung, denn nordwestlich von Port Phillip

findet man nach Dana eine Zahl vulkanischer Kegel und Lavaschichten, wie ebenfalls gegen den Murrayfluß hin (Dana, S. 453).

Auf Neubritannia* liegen an der Ost- und Westküste wenigstens drei Kegel, die in historischen Zeiten von Tasman, Dampier, Carderet und la Billardière als entzündet und lavagebend beobachtet wurden.

Zwei thätige Vulkane sind auf Neuguinea*, an der nordöstlichen Küste, den obsidianreichen Admiralitätsinseln und Neubritannien gegenüber.

Auf Neuseeland, von dem wenigstens die Geologie der Nordinsel durch das wichtige Werk von Ernst Dieffenbach und die schönen Forschungen Danas aufgeklärt worden ist, durchbricht an mehreren Punkten basaltisches und trachytisches Gestein die allgemeiner verbreiteten plutonischen und sedimentären Gebirgsarten, so in einem überaus kleinen Areal, nahe bei der Bay of Islands (lat. 35° 2'), wo sich die mit erloschenen Kratern gekrönten Aschenkegel Turoto und Poerua erheben; so südlicher (zwischen 37½° und 38¼° Breite), wo der vulkanische Boden die ganze Mitte der Nordinsel durchzieht von Nordost nach Südwest in mehr denn 40 geogr. Meilen (300 km) Länge, von der östlichen Bay of Plenty bis zum westlichen Kap Egmont. Diese Zone vulkanischer Thätigkeit durchschneidet hier, wie wir schon in einem weit größeren Maßstabe in dem mexikanischen Festlande gesehen haben, als Querspalte von Meer zu Meer, von NO in SW das innere nordsüdliche Längengebirge, welches der ganzen Insel ihre Form zu geben scheint. Auf seinem Rücken stehen, wie an Durchschnittspunkten die hohen Kegel Tongariro* (5816 Fuß = 1890 m), an dessen Krater auf der Höhe des Aschenkegels Bidwill gelangt ist, und etwas südlicher Ruapahu (8450 Fuß = 2713 m). Das Nordostende der Zone bildet in der Bay of Plenty (lat. 38½°), eine stets rauchende Solfatare, der Inselvulkan Puhia-i-wakati*[172] (White Island); es folgen im Südwesten am Litorale selbst: der ausgebrannte Vulkan Putawaki (Mount Edgecombe), 9036 Fuß (2935 m) hoch, also wahrscheinlich der höchste Schneeberg auf Neuseeland,[173] im Inneren zwischen dem Edgecombe und dem noch entzündeten Tongariro*, welcher einige Lavaströme ergossen hat, eine lange Kette von Seen, zum Teil siedend heißen Wassers. Der See Taupo, von schön glänzendem Leucit- und Sanidinsande wie von Bimssteinhügeln umgeben, hat

nahe an 6 geogr. Meilen (45 km) Länge und liegt mitten auf der Nordinsel von Neuseeland, nach Dieffenbach 1255 Fuß (407 m) über dem Meeresspiegel erhoben. Umher sind zwei englische Quadratmeilen (59 qkm) ganz mit Solfataren, Dampfhöhlen und Thermalquellen bedeckt, deren letztere, wie am Geisir auf Island, mannigfaltige Silikatniederschläge bilden. — Im Westen von Tongariro*, dem Hauptsitze der vulkanischen Thätigkeit, dessen Krater noch jetzt Dämpfe und Bimssteinasche ausstößt, nur 4 Meilen (30 km) vom westlichen Litorale entfernt, erhebt sich der Vulkan Taranaki (Mount Egmont) 8293 Fuß (2703 m) hoch, welchen Dr. Ernst Dieffenbach zuerst im November 1840 erstiegen und gemessen hat. Der Gipfel des Kegels, welcher dem Umriß nach mehr dem Tolima als dem Cotopaxi gleicht, endet mit einer Hochebene, aus der ein sehr steiler Aschenkegel sich erhebt. Spuren jetziger Thätigkeit, wie bei dem Vulkan der Weißen Insel* und bei dem Tongariro* wurden nicht beobachtet, auch keine zusammenhängenden Lavaströme. Die klingenden, sehr dünnschaligen Massen, welche gratenartig unter Schlacken, wie an einer Seite des Piks von Tenerifa aus dem Aschenkegel selbst hervorragten, sind dem Porphyrschiefer (Phonolith) ähnlich.

Eine schmale, langgedehnte, ununterbrochene Anhäufung von Inselgruppen auf nordwestlichen Spalten, wie Neukaledonien und Neuguinea, die Neuen Hebriden und Salomonsinseln, Pitcairn, Tahiti und die Paumotuinseln, ausgebrochen, durchschneidet in einer Länge von 1350 geogr. Meilen (10000 km) in der südlichen Hemisphäre den Großen Ozean zwischen den Breitenparallelen von 12° und 27°, vom Meridian der Ostküste Australiens bis zur Osterinsel und zu dem Felsen Salay-Gomez in westöstlicher Richtung. Die westlicheren Teile dieser Inselanhäufung (Neubritannien*, die Neuen Hebriden*, Vanikoro* in dem Archipel von Santa Cruz und die Tongagruppe*) zeigen zur gegenwärtigen Zeit, in der Mitte des 19. Jahrhunderts, Entzündung und feurige Thätigkeit. Neukaledonien, von basaltischen und anderen vulkanischen Inseln umgeben, hat aber bloß plutonisches Gestein, wie in den Azoren nach Leopold von Buch Santa Maria,[174] und nach Graf Bedemar Flores und Graciosa. Dieser Anwesenheit vulkanischer Thätigkeit in Neukaledonien, wo neuerlichst Sedimentformationen mit Steinkohlenflözen entdeckt worden sind, wird die dortige große Entwickelung belebter Korallenriffe zugeschrieben. Der Archipel der Viti- oder Fidschiinseln

ist basaltisch und trachytisch zugleich, doch bloß durch heiße Quellen in der Savubai auf Vanua Lebu ausgezeichnet. Die Samoagruppe (Navigators Islands), nordöstlich von dem Viti- und fast ganz nördlich von dem noch entzündeten Tonga-archipel, ist ebenfalls basaltisch, und dabei charakterisiert durch eine Unzahl von linear geordneten Ausbruchkratern, die von Tuffschichten mit eingebackenen Korallenstücken umgeben sind. Geognostisch am merkwürdigsten ist der Pik Tafua auf der zu der Samoagruppe gehörigen Insel Upolu, nicht zu verwechseln mit dem noch entzündeten Pik Tafoa südlich von Amargura in dem Tongaarchipel. Der Pik Tafua (2006 Fuß = 652 m), welchen Dana zuerst bestiegen und gemessen, hat einen großen, ganz mit dicker Waldung erfüllten Krater, der einen regelmäßig abgerandeten Aschenkegel krönt. Von Lavaströmen ist hier keine Spur, dagegen fanden sich schlackige Lavafelder (Malpais der Spanier) mit krauser, oft strickförmig gewundener Oberfläche am Kegelberge von Apia (2417 Fuß = 797 m), ebenfalls auf Upolu, wie am Pik Fao, der 3000 Fuß (970 m) erreicht. Die Lavafelder von Apia enthalten schmale unterirdische Höhlen.

Tahiti, in der Mitte der Societätsinseln, weit mehr trachytisch als basaltisch, zeigt recht eigentlich nur noch die Trümmer seines ehemaligen vulkanischen Gerüstes, und aus diesen mächtigen, wall- und zackenartig gestalteten Trümmern, mit senkrechten, mehrere tausend Fuß tiefen Abstürzen, ist es schwer die alte, ursprüngliche Form der Vulkane zu entziffern. Von den beiden größten Gipfeln, Aorai und Orohena, ist jener zuerst von Dana erstiegen und von diesem gründlichen Geognosten untersucht worden. Der Trachytberg, der Orohena, soll die Höhe des Aetna erreichen. Tahiti hat also, nächst der thätigen Gruppe der Sandwichinseln, das höchste Eruptionsgestein des ganzen ozeanischen Gebietes zwischen den Kontinenten von Amerika und Asien. Ein feldspatartiges Gestein von den Tahiti nahen, kleinen Inseln Borabora und Maurua, von neueren Reisenden mit dem Namen Syenit, von Ellis in den Polynesian Researches mit dem Namen eines granitartigen Aggregates von Feldspat und Quarz bezeichnet, verdient, da poröser, schlackiger Basalt ganz in der Nähe ausbricht, eine viel genauere oryktognostische Untersuchung. Ausgebrannte Krater und Lavaströme sind auf den Societätsinseln jetzt nicht zu finden. Man fragt sich, sind die Krater auf den Berggipfeln zerstört, oder blieben die

hohen, alten, jetzt gespaltenen und umgewandelten Gerüste oben domförmig geschlossen, und sind hier, wie wahrscheinlich an vielen anderen Punkten des gehobenen Meeresbodens, Basalt und Trachytschichten unmittelbar aus Erdspalten ergossen worden? Extreme großer Zähigkeit (Viscosität) oder großer Flüssigkeit des Ergossenen, sowie die verschiedene Enge und Weite der Spalten, durch welche der Erguß geschieht, modifizieren die Gestaltung der sich bildenden vulkanischen Gebirgsschichten und veranlassen da, wo Reibung die sogenannte Asche und fragmentarische Zerstückelung hervorbringt, die Entstehung kleiner, meist vergänglicher Auswurfskegel, welche mit den großen Terminalaschenkegeln der permanenten Gerüste nicht zu verwechseln sind.

Ganz nahe östlich folgen auf die Societätsinseln die Niedrigen Inseln oder Paumotu. Sie sind bloß Koralleninseln, mit der merkwürdigen Ausnahme der basaltischen, kleinen Gambier- und Pitcairngruppe. Der letzteren ähnlich findet sich vulkanisches Gestein auch in demselben Parallele (zwischen 25° und 27° südlicher Breite) 315 geogr. Meilen (3320 km) östlicher in der Osterinsel (Waihu), und wahrscheinlich noch 60 Meilen (445 km) weiter in den Klippen Sala y Gomez. Auf Waihu, wo die höchsten kegelförmigen Gipfel kaum 1000 Fuß hoch sind, bemerkte Kapitän Beechey eine Reihe von Kratern, von denen aber keiner entzündet schien.

Im äußersten Osten gegen den neuen Kontinent hin endet das Gebiet der Südseeinseln mit einer der entzündetsten aller Inselgruppen, mit dem aus fünf größeren Inseln bestehenden Archipel der Galapagos. Fast nirgends sind auf einem kleinen Raume von kaum 30 bis 35 geogr. Meilen (220 bis 260 km) Durchmesser solch eine Unzahl von Kegelbergen und erloschenen Kratern (Spuren alter Kommunikation des Inneren der Erde mit dem Luftkreise) sichtbar geblieben. Darwin schlägt die Zahl der Krater fast auf zweitausend an. Als dieser geistreiche Forscher auf der Expedition des Beagle unter Kapitän Fitzroy die Galapagos besuchte, waren zwei Krater zugleich in feuriger Eruption. Auf allen Inseln sind Ströme von sehr flüssiger Lava zu sehen, die sich teilen und sich oft bis an das Meer ergossen haben. Fast alle sind reich an Augit und Olivin, einige mehr trachytartige sollen Albit[175] in großen Kristallen enthalten. Es wären wohl bei der jetzigen Vervollkommnung des oryktognostischen Wissens

Untersuchungen anzustellen, ob in diesen porphyrartigen Trachyten nicht Oligoklas, wie auf Tenerifa, im Popocatepetl und Chimborazo, oder Labrador, wie im Aetna und Stromboli, enthalten seien. Bimsstein fehlt ganz auf den Galapagos, wie am Vesuv, als von ihm produziert, auch wird der Hornblende nirgends Erwähnung gethan; also herrscht dort nicht die Trachytformation von Toluca, Orizaba und einiger Vulkane Javas, aus denen Dr. Junghuhn mir wohl ausgewählte feste Lavastücke zur Untersuchung für Gustav Rose eingeschickt hat. Auf der größten und westlichsten Insel der Galapagosgruppe, auf Albemarle, sind die Kegelberge linear, also auf Spalten gereiht. Ihre größte Höhe erreicht doch nur 4350 Fuß (1412 m). Der westliche Busen, in welchem der 1825 heftig entzündete Pik Narborough sich inselförmig erhebt, wird von Leopold von Buch als ein Erhebungskrater beschrieben und mit Santorin verglichen. Viele Kraterränder auf den Galapagos sind von Tuffschichten gebildet, die nach allen Seiten abfallen. Denkwürdig und auf die gleichzeitige Wirkung einer großen Katastrophe hindeutend ist es, daß alle Kraterränder gegen Süden ausgebrochen oder gänzlich zerstört sind. Ein Teil von dem, was man in den älteren Beschreibungen Tuff nennt, sind Palagonitschichten, ganz denen von Island und Italien gleich, wie schon Bunsen von den Tuffen der Insel Chatham durch genaue Analyse ergründet hat. Diese, die östlichste Insel der ganzen Gruppe und von Beechey astronomisch genau bestimmt, ist nach meiner Längenbestimmung der Stadt Quito (81° 4′ 38″) und nach Acostas Mapa de la Nueva Granada von 1849 von der Punta de S. Francisco noch 134 geogr. Meilen (940 km) entfernt.

IX. Mexiko.

Die sechs mexikanischen Vulkane: Tuxtla*, Orizaba, Popocatepetl*, Toluca, Jorullo* und Colima*, von denen vier in historischen Zeiten entzündet gewesen sind, wurden schon früher aufgezählt und in ihrer geognostisch merkwürdigen gegenseitigen Stellung beschrieben. Nach neueren Untersuchungen von Gustav Rosse ist in dem Gestein des Popocatepetl oder des großen Vulkanes von Mexiko die Formation des Chimborazo wiederholt. Es besteht dies Gestein ebenfalls aus Oligoklas und Augit. Selbst in den pech-

steinartigen, fast schwarzen Trachytschichten ist noch der Oligoklas in sehr kleinen, schiefwinkeligen Kristallen zu erkennen. Zu eben dieser Chimborazo- und Tenerifaformation gehört der Vulkan von Colima, weit in Westen stehend, nahe dem Litorale der Südsee. Ich habe diesen Vulkan nicht gesehen, aber wir verdanken Herrn Pieschel[176] (seit dem Frühjahr 1855) die sehr belehrende Ansicht der von ihm gesammelten Gebirgsarten, wie auch interessante geologische Notizen über alle Vulkane des ganzen mexikanischen Hochlandes, die er sämtlich selbst besucht hat. Der Vulkan von Toluca, dessen schmale und schwer zu erreichende höchste Kuppe (den Pico del Frayle) ich am 29. September 1803 erstiegen und barometrisch 14232 Fuß hoch gefunden habe, hat eine ganz andere mineralogische Zusammensetzung als der noch thätige Popocatepetl und der Feuerberg von Colima, welchen man nicht mit einem anderen, höheren Gipfel, dem sogenannten Schneeberg, verwechseln muß. Der Vulkan von Toluca besteht, wie der Pik von Orizaba, Puy de Chaumont in der Auvergne und Aegina, aus einer Association von Oligoklas und Hornblende. Nach dieser kurzen Angabe sind, was sehr zu beachten ist, in der langen Reihe der Vulkane, welche sich von Meer zu Meer erstrecken, nicht zwei zunächst aufeinander folgende Glieder von gleicher mineralogischer Zusammensetzung.

X. Das nordwestliche Amerika

(nördlich vom Parallel des Rio Gila).

In dem Abschnitte, welcher von der vulkanischen Thätigkeit auf den ostasiatischen Inseln handelt, ist mit besonderer Wichtigkeit der bogenartig gekrümmten Richtung der Erhebungsspalte gedacht worden, aus der die Aleuten emporgestiegen sind und die einen unmittelbaren Zusammenhang zwischen dem asiatischen und amerikanischen Kontinent, zwischen den zwei vulkanischen Halbinseln Kamtschatka und Aliaska, offenbart. Es ist hier der Ausgang oder vielmehr die nördliche Grenze eines mächtigen Busens des Stillen Meeres, welches von den 150 Längengraden, die es unter dem Aequator von Osten nach Westen einnimmt, zwischen den Endspitzen der eben genannten zwei Halbinseln sich auf 37 Längengrade verengt. Auf dem amerikanischen Festlande, dem Litorale nahe, ist eine Zahl mehr oder weniger thätiger

Vulkane den Seefahrern erst seit 70 bis 80 Jahren bekannt geworden; aber diese Gruppe lag bisher wie isoliert, unzusammenhängend mit der Vulkanreihe der mexikanischen Tropengegend oder den Vulkanen, welche man auf der Halbinsel von Kalifornien vermutete. Die Einsicht in diese wichtige geognostische Verkettung ist jetzt, wenn man eine Reihe ausgebrannter Trachytkegel als Mittelglieder aufzählt, für eine Lücke von mehr als 28 Breitengraden zwischen Durango und dem neuen Washington territory, nördlich von Westoregon, aufgefunden, und die physische Erdbeschreibung verdankt diesen wichtigen Fortschritt den auch wissenschaftlich so wohl geordneten Expeditionen, welche die Regierung der Vereinigten Staaten zu Aufsuchung der geeignetsten Wege von den Mississippiebenen nach den Küsten der Südsee ausgerüstet hat. Alle Teile der Naturgeschichte haben zugleich dabei Vorteil gezogen. Große Landesstrecken sind in der nun durchforschten terra incognita dieses Zwischenraumes sehr nahe den Rocky Mountains an ihrem östlichen Abfall, bis in weite Entfernung vom westlichen Abfall, mit Erzeugnissen ausgebrannter oder noch thätiger Vulkane (wie in dem Kaskadengebirge) bedeckt gefunden worden. So sehen wir also, von Neuseeland ausgehend, auf einem langen Wege erst in Nordwesten durch Neuguinea, die Sundainseln, die Philippinen und Ostasien, bis zu den Aleuten aufsteigend, dann hinabsteigend gegen Süden in das nordwestliche, mexikanische, mittel- und südamerikanische Gebiet bis zur Endspitze von Chile, den gesamten Umkreis des Meerbeckens des Stillen Ozeans, in einer Erstreckung von 6600 geogr. Meilen (49000 km), mit einer Reihe erkennbarer Denkmäler vulkanischer Thätigkeit umgeben. Ohne in das Einzelne genauer geographischer Orientierung und der vervollkommneten Nomenklatur einzugehen, war eine solche kosmische Ansicht nicht zu begründen.

Es bleibt uns von dem hier bezeichneten Umkreise des großen Meerbeckens (man sollte sagen,[177] da es nur eine, überall kommunizierende Wassermasse auf der Erde gibt, des größten unter den Teilen der einigen Masse, welche zwischen Kontinente eindringen) noch die Länderstrecke zu beschreiben übrig, welche von dem Rio Gila bis zu Nortons und Kotzebues Sunden reicht. Analogieen, die man hergenommen aus Europa von den Pyrenäen oder der Alpenkette, aus Südamerika von den Kordilleren der Andes von Südchile bis zum fünften Grade nördlicher Breite in Neu-

granada, haben, durch phantastische Kartenzeichnungen unterstützt, die irrige Meinung verbreitet, als könne das mexikanische Hochgebirge oder sein höchster Rücken mauerartig unter dem Namen einer Sierra Madre von Südost nach Nordwest verfolgt werden. Der gebirgige Teil von Mexiko aber ist eine breite, mächtige Anschwellung, welche sich allerdings in der eben angegebenen Richtung zwischen zwei Meeren in 5000 bis 7000 Fuß (1620 bis 2270 m) Höhe zusammenhängend darbietet, auf der sich aber, wie am Kaukasus und in Innerasien, nach partiellen, sehr verschiedenartigen Richtungen, höhere vulkanische Bergsysteme bis über 14000 und 16700 Fuß (4550 und 5530 m) erheben. Die Reihung dieser partiellen Gruppen, auf nicht unter sich parallelen Spalten ausgebrochen, ist in ihrer Orientierung meist unabhängig von der idealen Achse, welche man durch die ganze Anschwellung des wellenförmig verflachten Rückens legen kann. Diese so merkwürdigen Verhältnisse der Bodengestalt veranlassen eine Täuschung, welche den malerischen Eindruck des schönen Landes erhöht. Die mit ewigem Schnee bedeckten Bergkolosse scheinen wie aus einer Ebene emporzusteigen. Man verwechselt räumlich den Rücken der sanften Anschwellung, die Hochebene, mit den Ebenen des Tieflandes, und nur das Klima, die Abnahme der Temperatur, erinnert unter demselben Breitengrade an das, was man gestiegen ist. Die oft erwähnte Erhebungsspalte der Vulkane von Anahuac (in der ostwestlichen Richtung zwischen 19° und 19¼° Breite) schneidet fast rechtwinkelig die allgemeine Anschwellungsachse.

Die hier bezeichnete Gestaltung eines beträchtlichen Teiles der Erdoberfläche, den man durch sorgfältige Messungen erst seit dem Jahre 1803 zu ergründen begonnen, ist nicht zu verwechseln mit solchen Anschwellungen, welche man von zwei mauerartig begrenzenden Gebirgsketten, wie in Bolivia um den See Titicaca und in Innerasien zwischen dem Himalaya und Kuen-lün, umschlossen findet. Die erstgenannte, südamerikanische Anschwellung, welche gleichsam den Boden (die Sohle) eines Thales bildet, hat nach Pentland im Mittel 12054 Fuß (3916 m), die zweite, tibetische, nach Kapitän Henry Strachey, Joseph Hooker und Thomas Thomson über 14070 Fuß (4570 m) Höhe über dem Meere. Der Wunsch, den ich vor einem halben Jahrhundert in meiner sehr umständlichen Analyse de l'Atlas géographique et physique du royaume de la Nouvelle-Espagne

(§ XIV) geäußert habe, daß mein Profil der Hochebene zwischen Mexiko und Guanaxuato durch Messungen über Durango und Chihuahua bis Santa Fé del Nuevo Mexico fortgesetzt werden möge, ist jetzt vollständig erfüllt. Die Länge des Weges beträgt, nur ¼ auf die Krümmung gerechnet, weit über 300 geogr. Meilen (2230 km), und das Charakteristische dieser so lange unbeachteten Erdgestaltung (das Sanftwellige der Anschwellung und die Breite derselben im Querdurchschnitt, bisweilen 60 bis 70 geogr. Meilen = 445 bis 520 km erreichend) offenbart sich durch den Umstand, daß hier ein Parallelenunterschied von vollen 16° 20′ (von Mexiko nach Santa Fé), ungefähr gleich dem von Stockholm und Florenz, auf dem Rücken des Tafellandes, ohne Vorrichtung von Kunststraßen, auf vierräderigen Wagen überschritten wird. Die Möglichkeit eines solchen Verkehres war den Spaniern schon am Ende des 16. Jahrhunderts bekannt, als der Vizekönig, Conde de Monterey,[178] von Zacatecas aus die ersten Ansiedelungen anordnete.

Zur Bekräftigung dessen, was über die Höhenverhältnisse zwischen der Hauptstadt Mexiko und Santa Fé del Nuevo Mexico im allgemeinen gesagt worden ist, schalte ich hier die Hauptelemente der barometrischen Nivellierungen ein, die von 1803 bis 1847 vollbracht worden sind. Ich lasse die Punkte in der Richtung von Norden nach Süden folgen, damit die nördlichsten, in der Reihung obenan gestellt, der Orientierung unserer Karten leichter entsprechen:[179]

Santa Fé del Nuevo Mexico (lat. 34° 41′) Höhe 6611 Par. Fuß (2147 m), Ws.

Albuquerque[180] (lat. 35° 8′) Höhe 4550 Fuß (1478 m), Ws.

Paso del Norte am Rio Grande del Norte (lat. 29° 48′) Höhe 3557 Fuß (1155 m), Ws.

Chihuahua (lat. 28° 32′) 4352 Fuß (1414 m), Ws.

Cosiquiriachi 5886 Fuß (1912 m), Ws.

Mapimi im Bolson de Map. (lat. 25° 54′) 4488 Fuß (1457 m), Ws.

Parras (lat. 25° 32′) 4678 Fuß (1422 m), Ws.

Saltillo (lat. 25° 10′) 4917 Fuß (1597 m), Ws.

Durango (lat. 24° 25′) 6426 Fuß (2087 m), nach Oteiza.

Fresnillo (lat. 23° 10′) 6797 Fuß (2532 m), Bt.

Zacatecas (lat. 22° 50′) 8456 Fuß (2749 m), Bt.

San Luis Potosi (lat. 22° 8′) 5714 Fuß (1856 m), Bt.

Aguas calientes (lat. 21° 53′) 5875 Fuß (1900 m), Bt.

Lagos (lat. 21° 20′) 5983 Fuß (1943 m), Bt.

Villa de Leon (lat. 21° 7′) 5755 Fuß (1870 m), Bt.

Silao 5546 Fuß (1802 m), Bt.

Guanaxuato (lat. 21° 0′ 15″) 6414 Fuß (2084 m), Ht.

Salamanca (lat. 20° 40′) 5406 Fuß (1756 m), Ht.

Celaya (lat. 20° 38′) 5646 Fuß (1834 m), Ht.

Queretaro (lat. 20° 36′ 39″) 5970 Fuß (1940 m), Ht.

San Juan del Rio im Staate Queretaro (lat. 20° 30′) 6090 Fuß (1970 m), Ht.

Tula (lat. 19° 57′) 6318 Fuß (2049 m), Ht.

Pachuca 7638 Fuß (2480 m), Ht.

Moran bei Real del Monte 7986 Fuß (2591 m), Ht.

Huehuetoca, nördliches Ende der großen Ebene von Mexiko (lat. 19° 48′) 7068 Fuß (2196 m), Ht.

Mexiko (lat. 19° 25′ 45″) 7008 Fuß (2276 m), Ht

Toluca (lat. 19° 16′) 8280 Fuß (2690 m), Ht.

Venta de Chalco, südöstliches Ende der Ebene von Mexiko (lat. 19° 16′) 7236 Fuß (2350 m), Ht.

San Francisco Ocotlan, westliches Ende der großen Ebene von Puebla 7206 Fuß (2340 m), Ht.

Cholula, am Fuße der alten Treppenpyramide (lat. 19° 2′) 6480 Fuß (2107 m), Ht.

La Puebla de los Angeles (lat. 19° 0′ 15″) 6756 Fuß (2195 m), Ht.

(Das Dorf las Vigas bezeichnet das östliche Ende der Hochebene von Anahuac, lat. 19° 37′; die Höhe des Dorfes ist 7332 Fuß = 2382 m, Ht.)

Während vor dem Anfange des 19. Jahrhunderts kein einziger Höhenpunkt in ganz Neuspanien barometrisch gemessen war, ist es jetzt möglich gewesen, hier in der Richtung von Norden nach Süden, in einer Zone von fast 16½ Breitengraden, zwischen den Städten Santa Fé und der Hauptstadt Mexiko 32 hypsometrisch und meist auch astronomisch bestimmte Orte aufzustellen. Wir sehen die Bodenfläche der breiten mexikanischen Hochebene im Mittel zwischen 5500 und 7000 Fuß (1620 bis 2270 m) Höhe wellenförmig schwanken. Der niedrigste Teil des Weges von Parras bis Albuquerque ist noch 1000 Fuß (320 m) höher als der höchste Teil des Vesuvs.

Von der großen, aber sanften Anschwellung des Bodens, deren kulminierenden Teil wir eben betrachtet haben und welche von Süden nach Norden, von dem tropischen Teile bis zu den Parallelen von 42° und 44°, in ostwestlicher Ausdehnung dermaßen zunimmt, daß das Great Basin. westlich vom großen Salzsee der Mormonen, im Durchmesser über 85 geogr. Meilen (630 km) bei 4000 Fuß (1300 m) mittlerer Höhe hat, sind die mauerartig darauf stehenden Gebirgsketten sehr verschieden. Die Kenntnis dieser Gestaltung ist eine der Hauptfrüchte von Frémonts großen hypsometrischen Untersuchungen in den Jahren 1842 und 1844. Die Anschwellung ist von einer anderen Epoche als das späte Aufsteigen dessen, was man Gebirgszüge und Systeme verschiedener Richtung nennt. Wo ungefähr unter dem 32. Breitengrade nach den jetzigen Grenzbestimmungen die Gebirgsmasse von Chihuahua in das westliche Gebiet der Vereinigten Staaten (in die von Mexiko abgerissenen Provinzen) eintritt, führt dieselbe schon den etwas unbestimmten Namen der Sierra Madre. Eine bestimmte Bifurkation[181] zeigt sich aber erst in der Gegend von Albuquerque. Bei dieser Bifurkation behält die westliche Kette die allgemeine Benennung der Sierra Madre, die östliche erhält von lat. 36° 10′ an (etwas nordöstlich von Santa Fé) bei amerikanischen und englischen Reisenden den eben nicht glücklich gewählten, aber jetzt überall eingeführten Namen des Felsgebirges, der Rocky Mountains. Beide Ketten bilden ein Längenthal, in dem Albuquerque, Santa Fé und Taos liegen und welches der Rio Grande del Norte durchströmt. In lat. 38½° wird das Thal durch eine nordwestliche, 22 geogr. Meilen (163 km) lange Kette geschlossen. Ungeteilt setzen die Rocky Mountains in einer Meridianrichtung fort bis lat. 41°. In diesem Zwischenraume erheben sich etwas östlich die Spanish Peaks, Pikes Peak (5440 Fuß (1763 m), den Frémont schön abgebildet hat, James Peak (10728 Fuß (3484 m) und die 3 Park Mountains, welche drei hohe Kesselthäler einschließen, deren Seitenwände mit dem östlichen Longs Peak oder Big Horn bis 8500 und 10500 Fuß (2760 und 3410 m) emporsteigen.[182] An der östlichen Grenze zwischen dem Middle und North Park verändert die Gebirgskette auf einmal ihre Richtung und wendet sich von lat. 40¼° bis 44° in einer Erstreckung von ungefähr 65 geogr. Meilen (480 km) von Südost nach Nordwest. In diesem Zwischenraume liegen der

South Pass (7028 Fuß = 2283 m) und die berühmten, so wunderbar spitz gezackten Wind River Mountains, mit Frémonts Peak (lat. 43° 8′), welcher die Höhe von 12 730 Fuß (4135 m) erreicht. Im Parallel von 44°, nahe bei den Three Tetons, wo die nordwestliche Richtung aufhört, beginnt wieder die Meridianrichtung der Rocky Mountains. Sie erhält sich bis gegen Lewis and Clarkes Pass, der in lat. 47° 2′, lg. 114½° liegt. Dort hat die Kette des Felsgebirges noch eine ansehnliche Höhe (5608 Fuß = 1822 m), aber wegen der vielen tiefen Flußbetten gegen Flathead River (Clarkes Fork) hin nimmt sie bald an regelmäßiger Einfachheit ab. Clarkes Fork und Lewis oder Snake River bilden den großen Kolumbiafluß, der einst einen wichtigen Weg für den Handel bezeichnen wird. (Explorations for a Railroad from the Mississippi river to the Pacific Ocean, made in 1853—1854, Vol. I, p. 107.)

Wie in Bolivia die östliche, von dem Meere entferntere Andeskette, die des Sorata (19 974 Fuß = 6523 m) und Illimani (19 843 Fuß = 6445 m), keine jetzt noch entzündeten Vulkane darbietet, so ist auch gegenwärtig in den westlichsten Teilen der Vereinigten Staaten die vulkanische Thätigkeit auf die Küstenkette von Kalifornien und Oregon beschränkt. Die lange Kette der Rocky Mountains, verschiedentlich 120 und 200 geogr. Meilen (890 und 1480 km) vom Litorale der Südsee entfernt, ohne alle Spur noch ausdauernder Entzündung, zeigt dennoch, gleich der östlichen Kette von Bolivia im Thale von Yucay, an beiden Abfällen vulkanisches Gestein, ausgebrannte Krater, ja Obsidian einschließende Laven- und Schlackenfelder. In der hier nach den vortrefflichen Untersuchungen von Frémont, Emory, Abbot, Wislicenus, Dana und Jules Marcou geographisch beschriebenen Gebirgskette der Rocky Mountains zählt der letztgenannte, ein ausgezeichneter Geologe, drei Gruppen altvulkanischen Gesteins an beiden Abfällen auf. Die frühesten Beweise von dem Vulkanismus in dieser Gegend verdanken wir auch hier dem Beobachtungsgeiste von Frémont seit 1842 und 1843 (Report of the Exploring Expedition to the Rocky Mountains in 1842, and to Oregon and North California in 1843—1844, p. 164, 184—187 und 193).

Am östlichen Abfalle der Rocky Mountains, auf dem südwestlichen Wege von Bents Fort am Arkansasflusse nach Santa Fé del Nuevo Mexico, liegen zwei ausgebrannte Vulkane,

die Raton Mountains[183] mit Fishers Peak und (zwischen Galisteo und Peña blanca) der Hügel el Cerrito. Die Laven der ersteren überdecken die ganze Gegend zwischen dem oberen Arkansas und dem Canadian River. Der Peperino und die vulkanischen Schlacken, welche man schon in den Prairies zu finden anfängt, je nachdem man sich, von Osten kommend, den Rocky Mountains mehr nähert, gehören vielleicht alten Ausbrüchen des Cerrito oder gar der mächtigen Spanish Peaks (37° 32′) an. Dieses östliche vulkanische Gebiet der isolierten Raton Mountains bildet eine Area von 20 geogr. Meilen (148 km) Durchmesser, sein Centrum liegt ungefähr in lat. 37° 50′.

Am westlichen Abfall nehmen die sprechendsten Zeugen alter vulkanischer Thätigkeit einen weit größeren Raum ein, welchen die wichtige Expedition des Lieutenant Whipple in seiner ganzen Breite von Osten nach Westen durchzogen hat. Dieses vielgestaltete Gebiet, doch nördlich von der Sierra de Mogoyon volle 30 geogr. Meilen (220 km) lang unterbrochen, ist enthalten (immer nach Marcous geologischer Karte) zwischen lat. 33° 48′ und 35° 40′; es sind also südlichere Ausbrüche als die der Raton Mountains. Ihr Mittel fällt fast in den Parallel von Albuquerque. Das hier bezeichnete Areal zerfällt in zwei Abteilungen: die dem Kamm der Rocky Mountains nähere des Mount Taylor, welche bei der Sierra de Zuñi[184] endet, und die westlichere Abteilung, Sierra de San Francisco genannt. Der 11500 Fuß (3738 m) hohe Kegelberg Mount Taylor ist strahlförmig umgeben von Lavaströmen die, als Malpais noch jetzt von aller Vegetation entblößt, mit Schlacken und Bimsstein bedeckt, sich mehrere Meilen weit hinschlängeln, ganz wie in der Umgebung des Hekla. — Ungefähr 18 geogr. Meilen (133 km) in Westen von dem jetzigen Pueblo de Zuñi erhebt sich das hohe vulkanische Gebirge von San Francisco selbst. Es zieht sich, mit einem Gipfel, den man auf mehr als 15000 Fuß (4870 m) Höhe geschätzt hat, südlich vom Rio Colorado chiquito hin, wo weiter nach Westen Bill William Mountain, der Aztec Pass (5892 Fuß = 1914 m) und Aquarius Mountains (8000 Fuß = 2600 m) folgen. Das vulkanische Gestein endet nicht beim Zusammenfluß des Bill William Fork mit dem großen Colorado, nahe bei dem Dorfe der Mohave-Indianer (lat. 34¼°, long. 116° 20′), denn noch jenseits des Rio Colorado, bei dem Sodasee, sind mehrere ausgebrannte,

noch offene Eruptivkrater zu erkennen. So sehen wir also hier in dem jetzigen Neu-Mexiko in der vulkanischen Gruppe von der Sierra de San Francisco bis etwas westlich vom Rio Colorado grande oder del occidente (in den der Gila fällt), in einer Strecke von 45 geogr. Meilen (330 km), das altvulkanische Gebiet der Auvergne und des Vivarais sich wiederholen und der geologischen Forschung ein neues und weites Feld eröffnen.

Ebenfalls am westlichen Abfall, aber 135 geogr. Meilen (1740 km) nördlicher, liegt die dritte altvulkanische Gruppe der Rocky Mountains, die des Frémonts Peaks und der gedoppelten Dreiberge, welche in Kegelgestalt und Sinn der Benennung Trois Tetons und Three Buttes[185] sich sehr ähnlich sind. Die ersteren liegen westlicher als die letzteren, daher der Gebirgskette ferner. Sie zeigen weit verbreitete, vielfach zerrissene, schwarze Lavabänke mit verschlackter Oberfläche.

Der Kette der Rocky Mountains parallel und in dem nördlichen Teile seit lat. 46° 12′ noch jetzt der Sitz vulkanischer Thätigkeit, laufen teils einfach, teils gedoppelt mehrere Küstenketten hin: zuerst von San Diego bis Monterey (32¼° bis 36¾°) die speziell so genannte Coast Range, eine Fortsetzung des Landrückens der Halbinsel Alt- oder Unter-Kalifornien; dann, meist 20 geogr. Meilen (148 km) von dem Litorale der Südsee entfernt, die Sierra Nevada (de Alta California) 36° bis 40¾°; dann, von den hohen Shasty Mountains im Parallel der Trinidadbai (lat. 40° 10′) beginnend, die Kaskadenbergkette (Cascade Range), welche die höchsten noch entzündeten Gipfel enthält und in 26 Meilen (193 km) Entfernung von der Küste von Süden nach Norden bis weit hinaus über den Parallel der Fucastraße streicht. Dieser letzteren Kette gleichlaufend (lat. 43° bis 46°), aber 70 Meilen (520 km) vom Litorale entfernt, erheben sich, im Mittel 7000 bis 8000 Fuß (2270 bis 2600 m) hoch, die Blue Mountains. — Im mittleren Teile von Alt-Kalifornien, etwas mehr nach Norden, nahe der östlichen Küste oder dem Meerbusen, in der Gegend der ehemaligen Mission de San Ignacio, etwa in 28° nördl. Br., liegen der erloschene Vulkan oder „die Vulkane“ de las Virgenes, die ich auf meiner Karte von Mexiko angegeben habe. Dieser Vulkan hatte 1746 seinen letzten Ausbruch; über ihn und die ganze Gegend fehlt es an sicheren Nachrichten. (S. Venegas,

Noticia de la California 1757, T. I, p. 27 und Duflot de Mofras, Exploration de l'Orégon et de la Californie 1844, T. I, p. 218 und 239.)

Schon in der Coast Range nahe bei dem Hafen von San Francisco, an dem von Dr. Trask untersuchten Monte del Diablo (3446 Fuß = 1120 m) und in dem goldreichen Längenthale des Rio del Sacramento, in einem eingestürzten Trachytkrater, der Sacramento Butt genannt wird und den Dana abgebildet, ist altvulkanisches Gestein aufgefunden worden. Weiter nördlich enthalten die Shasty oder Tshashtl Mountains Basaltlaven, Obsidian, dessen die Eingeborenen sich zu Pfeilspitzen bedienen, und die talkartigen Serpentine, welche an vielen Punkten der Erde, als den vulkanischen Formationen nahe verwandt, auftreten. Aber der eigentliche Sitz noch jetzt bestehender Entzündung ist das Kaskadengebirge, in welchem, mit ewigem Schnee bedeckt, mehrere Piks sich bis 15000 Fuß (4870 m) erheben.[186] Ich lasse diese hier von Süden nach Norden folgen; die gegenwärtig entzündeten, mehr oder weniger thätigen Vulkane sind, wie bisher geschehen, mit einem Sternchen bezeichnet. Die unbezeichneten hohen Kegelberge sind wahrscheinlich teils ausgebrannte Vulkane, teils ungeöffnete trachytische Glockenberge:

Mount Pitt oder Laughlin, lat. 42° 30', etwas westlich vom See Tlamath; Höhe 8960 Fuß (2910 m);

Mount Jefferson oder Vancouver (lat. 44° 35'), ein Kegelberg;

Mount Hood (lat. 45° 10'), mit Gewißheit ein ausgebrannter Vulkan, von zelliger Lava bedeckt; nach Dana mit dem nördlicher in der Vulkanreihe gelegenen Mount Saint Helen's zwischen 14000 und 15000 Fuß (4550 und 4870 m) hoch, doch etwas niedriger[187] als dieser; Mount Hood ist erstiegen worden im August 1853 von Lake, Travaillot und Heller;

Mount Swalalahos oder Saddle Hill, in Süd-Süd-Ost von Astoria, mit einem eingestürzten, ausgebrannten Krater;

Mount Saint Helen's*, nördlich vom Columbiastrome (lat. 46° 12'), nach Dana nicht unter 14100 Fuß (4580 m) hoch, noch entzündet, immer rauchend aus dem Gipfelkrater; ein mit ewigem Schnee bedeckter Vulkan von sehr schöner, regelmäßiger, konischer Gestalt; am 23. November 1842 war ein großer Ausbruch, der nach

Frémont alles weit umher mit Asche und Bimsstein bedeckte;

Mount Adams (lat. 46° 18′), fast ganz in Osten von dem Vulkan St. Helen's, über 28 geogr. Meilen (208 km) von der Küste entfernt, wenn der eben genannte, noch entzündete Berg nur 19 dieser Meilen (140 km) absteht;

Mount Reignier*, auch Mount Rainier geschrieben, lat. 46° 48′, ost-süd-östlich vom Fort Nisqually, am Pugetssund, der mit der Fucastraße zusammenhängt, ein brennender Vulkan, nach Edwin Johnsons Wegkarte von 1854 12330 englische oder 11567 Pariser Fuß (3760 m) hoch; er hatte heftige Eruptionen 1841 und 1843;

Mount Olympus (lat. 47° 50′), nur 6 geogr. Meilen (45 km) südlich von der in der Geschichte der Südseeentdeckungen lange so berühmten Straße San Juan de Fuca;

Mount Baker*, ein mächtiger, im Gebiete von Washington (lat. 48° 48′) aufsteigender, noch jetzt thätiger Vulkan, von großer (ungemessener?) Höhe[188] und rein konischer Form;

Mount Brown (15000 Fuß? = 4870 m) und etwas östlicher Mount Hooker (15700 Fuß? = 5100 m) werden als hohe, altvulkanische Trachytberge in Neukaledonien, unter lat. $52\frac{1}{4}$° und long. 120° und 122°, von Johnson angegeben, also wegen eines Abstandes von mehr als 75 geogr. Meilen (550 km) von der Küste merkwürdig;

Mount Edgecombe*, auf der kleinen Lazarusinsel, nahe bei Sitka (lat. 57° 3′), dessen heftigen, feurigen Ausbruch von 1796 ich zu einer früheren Stelle (Kosmos Bd. IV, S. 221) unten (S. 389, Anm. 96) erwähnt habe. Kapitän Lisiansky, welcher ihn in den ersten Jahren des jetzigen Jahrhunderts erstieg, fand den Vulkan damals unentzündet; die Höhe beträgt nach Ernst Hofmann 2852 Fuß (927 m), nach Lisiansky 2628 (854 m); nahe dabei sind heiße Quellen, die aus Granit ausbrechen, wie auf dem Wege von den Valles de Aragua nach Portocabello;

Mount Fairweather, cerro de Buen Tiempo, nach Malaspina 4489 m oder 13802 Fuß hoch, in lat. 58° 45′, mit Bimsstein bedeckt; wahrscheinlich noch vor kurzem entzündet, wie der Eliasberg;

Vulkan von Cooks Inlet (lat. 60° 8′), nach Admiral Wrangel 11320 Fuß (3677 m) hoch, von diesem ge-

lehrten Seefahrer, wie von Vancouver, für einen thätigen Vulkan gehalten.[189]

Eliasberg, lat. 60° 17′, long. 138° 30′, nach den Handschriften Malaspinas, die ich in den Archiven von Mexiko fand, 5441 m oder 16749 Pariser Fuß hoch, nach der Karte von Kapitän Denham 1853 bis 1856 ist die Höhe nur 14044 Pariser Fuß (4572 m).

Was in der nordwestlichen Durchfahrtsreise von M'Clure (lat. 69° 57′, long. 129° 20′) östlich vom Ausfluß des Mackenzieflusses die Vulkane der Franklinsbucht genannt wird, scheint ein Phänomen sogenannter Erdfeuer oder heißer, schwefelausstoßender Salsen zu sein. Ein Augenzeuge, der Missionär Miertsching, Dolmetscher auf dem Schiffe Investigation, fand 30 bis 40 Rauchsäulen, welche aus Erdspalten, oder kleinen, kegelförmigen Erhebungen von vielfarbigem Letten aufstiegen. Der Schwefelgeruch war so stark, daß man sich den Rauchsäulen kaum auf 12 Schritte nahen konnte. Anstehendes Gestein oder feste Massen waren nicht zu finden. Lichterscheinungen waren nachts vom Schiffe aus gesehen worden; keine Schlammauswürfe, aber große Hitze des Meeresbodens wurden bemerkt, auch kleine Becken schwefelsauren Wassers. Die Gegend verdient eine genaue Untersuchung, und das Phänomen steht als der vulkanischen Thätigkeit in dem kalifornischen Kaskadengebirge des Cerro de Buen Tiempo oder des Eliasberges ganz fremd da. (M'Clure, Discovery of the N. W. Passage, p. 99, Papers relative to the Arctic Expedition 1854, p. 34; Miertschings Reisetagebuch, Gnadau 1855, S. 46.)

Ich habe bisher in ihrem innigen Zusammenhange geschildert die vulkanischen Lebensthätigkeiten unseres Planeten, gleichsam die Steigerung des großen und geheimnisvollen Phänomens einer Reaktion des geschmolzenen Inneren gegen die mit Pflanzen und Tierorganismen bedeckte Oberfläche. Auf die fast bloß dynamischen Wirkungen des Erdbebens (der Erschütterungswellen) habe ich die Thermalquellen und Salsen, d. i. Erscheinungen folgen lassen, welche, mit oder ohne Selbstentzündung, durch die den Quellwassern und Gasausströmungen mitgeteilte, bleibende Temperaturerhöhung wie durch chemische Mischungsverschiedenheit erzeugt werden. Der höchste und in seinen

Aeußerungen komplizierteste Grad der Steigerung wird in den Vulkanen dargeboten, da diese die großen und so verschiedenartigen Prozesse kristallinischer Gesteinbildung auf trockenem Wege hervorrufen und deshalb nicht bloß auflösen und zerstören, sondern auch schaffend auftreten und die Stoffe zu neuen Verbindungen umgestalten. Ein beträchtlicher Teil sehr neuer, wo nicht der neuesten Gebirgsschichten ist das Werk vulkanischer Thätigkeit, sei es, wenn noch jetzt an vielen Punkten der Erde aus eigenen, kegel- oder domförmigen Gerüsten geschmolzene Massen sich ergießen, oder daß in dem Jugendalter unseres Planeten, ohne Gerüste aus einem Netze offener Spalten neben den Sedimentschichten basaltisches und trachytisches Gestein unmittelbar entquoll.

Die Oertlichkeit der Punkte, in welchen ein Verkehr zwischen dem flüssigen Erdinneren und der Atmosphäre sich lange offen erhalten hat, habe ich sorgfältigst in den vorstehenden Blättern zu bestimmen gestrebt. Es bleibt jetzt übrig, die Zahl dieser Punkte zu summieren, aus der reichen Fülle der in sehr fernen historischen Zeiten thätigen Vulkane die jetzt noch entzündeten auszuscheiden und sie nach ihrer Verteilung in kontinentale und Inselvulkane zu betrachten. Wenn alle, die ich in der Summierung als untere Grenzzahl (nombre limite, limite inférieure) glaube annehmen zu dürfen, gleichzeitig in Thätigkeit wären, so würde ihr Einfluß auf die Beschaffenheit des Luftkreises und seine klimatischen, besonders elektrischen Verhältnisse gewiß überaus bemerkbar sein; aber die Ungleichzeitigkeit der Eruptionen vermindert den Effekt und setzt demselben sehr enge und meist nur lokale Schranken. Es entstehen bei großen Eruptionen um den Krater, als Folge der Verdampfung, vulkanische Gewitter, welche, von Blitz und heftigen Regengüssen begleitet, oft verheerend wirken; aber ein solches atmosphärisches Phänomen hat keine allgemeinen Folgen. Denn daß die denkwürdige Verfinsterung (der sogenannte Höherauch), welcher viele Monate lang, vom Mai bis August, 1783 einen bedeutenden Teil von Europa und Asien, wie Nordafrika in Erstaunen setzte (wogegen auf hohen Schweizer Gebirgen der Himmel rein und ungetrübt gesehen wurde), von großer Thätigkeit des isländischen Vulkanismus und der Erdbeben von Kalabrien verursacht worden sei, wie man bisweilen noch jetzt behauptet, ist mir wegen der Größe der Erscheinung sehr unwahrscheinlich, wenngleich ein gewisser Einfluß der Erdbeben,

wo sie viel Raum umfassen, auf den ungewöhnlichen Eintritt der Regenzeit, wie im Hochlande von Quito und Riobamba (Februar 1797) oder im südlichen Europa und Kleinasien (Herbst 1856), eher anzunehmen sein möchte, als der isolierte Einfluß einer vulkanischen Eruption.

In der hier folgenden Tabelle zeigt die erste Ziffer die Anzahl der in den vorigen Blättern aufgeführten Vulkane an; die zweite, in Parenthesen eingeschlossene Zahl deutet auf den Teil derselben, welcher noch seit der neueren Zeit Beweise der Entzündung gegeben hat.

Zahl der Vulkane auf dem Erdkörper.

I. Europa	Kosmos Bd. IV, S. 268—270 . .	7	(4)
II. Inseln des Atlantischen Meeres . .	S. 270—272 . .	14	(8)
III. Afrika	S. 273—274 . .	3	(1)
IV. Asien, das kontinentale:	. . . .	25	(15)
a) westlicher Teil und das Innere . . .	S. 274—279 . .	11	(6)
b) Halbinsel Kamtschatka	S. 279—284 . .	14	(9)
V. Ostasiatische Inseln	S. 284—293 . .	69	(54)
VI. Südasiatische Inseln	S. 233—240, 293 bis 297	120	(56)
VII. Indischer Ocean . .	S. 297—300, Anm. 165 S. 425—426	9	(5)
VIII. Südsee	S. 300—310, Anm. 166—167 S. 426 bis 427	40	(26)
IX. Amerika, das kontinentale:	. . . .	115	(53)
a) Südamerika . .	. . . .	56	(26)
α) Chile	S. 229, 232—233, Anm. 107 S. 399 bis 402	24	(13)
β) Peru u. Bolivia	S. 229—232, Anm. 106 S. 397—399	14	(3)
γ) Quito und Neugranada . . .	S. 229, 230—231, Anm. 105 S. 397	18	(10)

b) Centralamerika .	S. 214—216, 220 bis 224, 255, Anm. 89—91, 99—100, S. 368, 389—395	29 (18)
c) Mexiko, südlich vom Rio Gila	S. 224—226, 229, 241—255 u. Anm. 122—127, S. 408 bis 412, S. 311 bis 315, Anm. 176 bis 180, S. 429—431	6 (4)
d) Nordwestamerika nördlich vom Gila .	S. 315—322 . .	24 (5)
Antillen[190] . . .	S. 434—436 . .	5 (3)
	In Summa . .	407 (225)

Das Resultat dieser mühevollen Arbeit, welche mich lange beschäftigt hat, da ich überall zu den Quellen (den geognostischen und geographischen Reiseberichten) aufgestiegen bin, ist gewesen, daß von 407 aufgeführten Vulkanen noch in der neueren Zeit sich 225 als entzündet gezeigt haben. Die früheren Angaben der Zählung[191] thätiger Vulkane sind bald um 30, bald um 50 geringer ausgefallen, schon darum, weil sie nach anderen Grundsätzen angefertigt wurden. Ich habe mich für diese Abteilung auf diejenigen Vulkane beschränkt, welche noch Dämpfe ausstoßen, oder historisch gewisse Eruptionen gehabt haben im 19. oder in der letzten Hälfte des 18. Jahrhunderts. Es gibt allerdings Unterbrechungen von Ausbrüchen, die über vier Jahrhunderte und mehr hinausgehen, aber solche Erscheinungen gehören zu den seltensten. Man kennt die langsame Folge der Ausbrüche des Vesuvs in den Jahren 79, 203, 512, 652, 983, 1138 und 1500. Vor der großen Eruption des Epomeo auf Ischia vom Jahre 1302 kennt man allein die aus den Jahren 36 und 45 vor unserer Zeitrechnung, also 55 Jahre vor dem Ausbruch des Vesuvs.

Strabo, der 90 Jahre alt, unter Tiberius (99 Jahre nach der Besetzung des Vesuvs durch Spartacus) starb und auf den keine historische Kenntnis eines älteren Ausbruches gekommen war, erklärt doch den Vesuv für einen alten, längst ausgebrannten Vulkan. „Ueber den Orten," (Herkulanum

und Pompeji) sagt er, „liegt der Berg Vesuios, von den schönsten Feldgütern umwohnt, außer dem Gipfel. Dieser ist zwar großenteils eben, aber unfruchtbar insgesamt, der Ansicht nach aschenartig. Er zeigt spaltige Höhlen von rußfarbigem Gestein, wie wenn es vom Feuer zerfressen wäre, so daß man vermuten darf, diese Stelle habe ehemals gebrannt und Schlundbecher des Feuers gehabt, sei aber erloschen, als der Brennstoff verzehrt war.“ (Strabo lib. V, p. 247 Casaub.) Diese Beschreibung der primitiven Gestaltung des Vesuvs deutet weder auf einen Aschenkegel noch auf eine kraterähnliche Vertiefung[192] des alten Gipfels, welche, umwallt, dem Spartacus[193] und seinen Gladiatoren zur Schutzwehr dienen konnte.

Auch Diodor von Sizilien (lib. IV, cap. 21, 5), der unter Cäsar und Augustus lebte, bezeichnet bei den Zügen des Herkules und dessen Kampfe mit den Giganten in den phlegräischen Feldern „den jetzt so genannten Vesuvius als einen λόφος, welcher, dem Aetna in Sizilien vergleichbar, einst viel Feuer ausstieß und (noch) Spuren der alten Entzündung aufweist“. Er nennt den ganzen Raum zwischen Cumä und Neapolis die Phlegräischen Felder, wie Polybius (lib. II, cap. 17) den noch größeren Raum zwischen Capua und Nola, während Strabo (lib. V, pag 246) die Gegend bei Puteoli (Dicäarcha), wo die große Solfatare liegt, mit so vieler lokaler Wahrheit beschreibt und Ἡφαίστου ἀγορά nennt. In späterer Zeit ist gemeinhin auf diese Gegend der Name τὰ φλεγραῖα πεδία beschränkt, wie noch jetzt die Geognosten die mineralogische Zusammensetzung der Laven der Phlegräischen Felder der aus der Umgegend des Vesuvs entgegenstellen. Dieselbe Meinung, daß es in alten Zeiten unter dem Vesuv gebrannt und daß dieser Berg alte Ausbrüche gehabt habe, finden wir in dem Lehrbuch der Architektur des Vitruvius (lib. II, cap. 6) auf das bestimmteste ausgedrückt in einer Stelle, die bisher nicht genug beachtet worden ist: „Non minus etiam memoratur, antiquitus crevisse ardores et abundavisse sub Vesuvio monte, et inde evomuisse circa agros flammam. Ideoque nunc qui spongia sive *pumex Pompejanus* vocatur, excoctus ex alio genere lapidis, in hanc redactus esse videtur generis qualitatem. Id autem genus spongiae, quod inde eximitur, non in omnibus locis nascitur, nisi circum Aetnam et collibus Mysiae, qui a Graecis κατακεκαυμένοι nominantur.“ Da nach den Forschungen von Böckh

und Hirt kein Zweifel mehr darüber herrschen kann, daß Vitruv unter August gelebt hat,[194] also ein volles Jahrhundert vor der Eruption des Vesuvs, bei welcher der ältere Plinius den Tod fand, so bietet die angeführte Stelle und der Ausdruck pumex Pompejanus (die Verbindung von Bimsstein und Pompeji) noch ein besonderes geognostisches Interesse in Hinsicht auf die Streitfrage dar, ob nach der scharfsinnigen Vermutung Leopolds von Buch Pompeji nur bedeckt worden sei durch die bei der ersten Bildung der Somma gehobenen, bimssteinhaltigen Tuffschichten, welche, von submariner Bildung, die ganze Fläche zwischen dem apenninischen Gebirge und der westlichen Küste von Capua bis Sorrent, von Nola bis über Neapel hinaus, in söhlichen Schichten bedecken, oder ob der Vesuv, ganz gegen seine jetzige Gewohnheit, aus seinem Inneren den Bimsstein selbst ausgestoßen habe?

Carmine Lippi sowohl, der (1816) die Tuffbedeckung von Pompeji einer Wasserbedeckung zuschreibt, als sein scharfsinniger Gegner, Archangelo Scacchi, in dem Briefe, welcher an den Cavaliere Francesco Avellino (1843) gerichtet ist, haben auf die merkwürdige Erscheinung aufmerksam gemacht, daß ein Teil der Bimssteine von Pompeji und der Somma kleine Kalkstücke einschließen, die ihre Kohlensäure nicht verloren haben; was, wenn dieselben einem großen Drucke in feuriger Bildung ausgesetzt gewesen sind, nicht viel Wunder erregen kann. Ich habe selbst Gelegenheit gehabt, Proben dieser Bimssteine in den interessanten geognostischen Sammlungen meines gelehrten Freundes und akademischen Kollegen, des Dr. Ewald, zu sehen. Die Gleichheit der mineralogischen Beschaffenheit an zwei entgegengesetzten Punkten mußte die Frage veranlassen, ob, was Pompeji bedeckt, wie Leopold von Buch will, bei dem Ausbruch des Jahres 79 von den Abhängen der Somma herabgestürzt ist, oder ob der neu geöffnete Krater des Vesuvs, wie Scacchi behauptet, Bimsstein gleichzeitig nach Pompeji und an die Somma geworfen habe?[195] Was zu den Zeiten des Vitruvius, unter Augustus, als pumex Pompejanus bekannt war, leitet auf vorplinianische Ausbrüche, und nach den Erfahrungen, welche wir über die Veränderlichkeit der Bildungen in verschiedenem Alter und bei verschiedenen Zuständen vulkanischer Thätigkeit haben, ist man wohl ebensowenig berechtigt, absolut zu leugnen, der Vesuv habe von seiner Entstehung an nie Bimsstein hervorbringen können, als absolut anzunehmen, Bimsstein, d. h.

der faserige oder poröse Zustand eines pyrogenen Minerales, könne sich nur bilden, wo Obsidian oder Trachyt mit glasigem Feldspat (Sanidin) vorhanden sei.

Wenn auch nach den angeführten Beispielen von der Länge der Perioden, in denen die Wiederbelebung eines schlummernden Vulkanes erfolgen kann, viel Ungewißheit übrig bleibt, so ist es doch von großer Wichtigkeit, die geographische Verteilung der entzündeten Vulkane für eine bestimmte Zeit zu konstatieren. Von den 225 Schlünden, durch welche in der Mitte des 19. Jahrhunderts das geschmolzene Innere der Erde mit dem Luftkreise in vulkanischem Verkehr steht, liegen 70, also ein Drittel, auf den Kontinenten, und 155, oder zwei Drittel, auf der Inselwelt. Von den 70 Kontinentalvulkanen gehören 53 oder drei Viertel zu Amerika, 15 zu Asien, 1 zu Europa, und 1 oder 2 zu der uns bisher bekannt gewordenen Feste von Afrika. In den südasiatischen Inseln (Sundainseln und Molukken) wie in den Aleuten- und Kurilen, welche zu den ostasiatischen Inseln gehören, liegt auf dem engsten Raume die größte Menge der Inselvulkane. In den Aleuten sind vielleicht mehr in neuen historischen Zeiten thätige Vulkane enthalten als in dem ganzen Kontinent von Südamerika. Auf dem gesamten Erdkörper ist der Streifen, welcher sich zwischen 75° westlicher und 125° östlicher Länge von Paris, wie von 47° südlicher und 66° nördlicher Breite von Südost nach Nordwest in dem mehr westlichen Teile der Südsee hinzieht, der vulkanreichste.

Will man den großen Meeresgolf, welchen wir die Südsee zu nennen pflegen, sich kosmisch von dem Parallel der Beringsstraße und dem von Neuseeland, der zugleich auch der Parallel von Südchile und Nordpatagonien ist, begrenzt vorstellen, so finden wir — und dieses Resultat ist sehr merkwürdig — im Inneren des Beckens und um dasselbe her (in seiner kontinentalen asiatischen und amerikanischen Begrenzung) von den 225 entzündeten Vulkanen der ganzen Erde 198 oder nahe an sieben Achtel. Die den Polen nächsten Vulkane sind nach unserer jetzigen geographischen Kenntnis: in der nördlichen Hemisphäre der Vulkan Esk auf der kleinen Insel Jan Mayen, lat. 71° 1′ und long. 9° 51′ westlich von Paris; in der südlichen Hemisphäre der rötliche, selbst bei Tage sichtbare Flammen ausstoßende Mount Erebus, welchen im Jahre 1841 Sir James Roß auf seiner großen südlichen Entdeckungsreise 11633 Pariser Fuß (3748 m) hoch fand,

ungefähr 225 Fuß (106 m) höher als der Pik von Tenerifa; in lat. 77° 33′ und long. 164° 38′ östlich von Paris.

Die große Frequenz der Vulkane auf den Inseln und in dem Litorale der Kontinente hat früh die Geognosten auf die Untersuchung der Ursachen dieser Erscheinung leiten müssen. Ich habe schon an einem anderen Orte (Kosmos Bd. I, S. 314) der verwickelten Theorie des Trogus Pompejus unter August gedacht, nach welcher das Meerwasser das vulkanische Feuer anschürt. Chemische und mechanische Ursachen von der Wirksamkeit der Meeresnähe sind angeführt worden bis zu den neuesten Zeiten. Die alte Hypothese von dem Eindringen des Meerwassers in den vulkanischen Herd schien in der Epoche der Entdeckung der Erdmetalle durch Davy eine festere Begründung zu erhalten; aber der große Entdecker gab die Hypothese, zu welcher selbst Gay-Lussac, trotz der Seltenheit oder des gänzlichen Mangels des Hydrogengases, sich hinneigte, bald selbst auf. Mechanische oder vielmehr dynamische Ursachen, seien sie gesucht in der Faltung der oberen Erdrinde und der Erhebung der Kontinente, oder in der lokal minderen Dicke des starren Teiles der Erdkruste, möchten meiner Ansicht nach mehr Wahrscheinlichkeit gewähren. Man kann sich vorstellen, daß an den Rändern der aufsteigenden Kontinente, welche jetzt die über der Meeresfläche sichtbaren Litorale mit mehr oder minder schroffen Abhängen bilden, durch die gleichzeitig veranlaßten Senkungen des nahen Meeresgrundes Spalten verursacht worden sind, durch welche die Kommunikation mit dem geschmolzenen Inneren befördert wird. Auf dem Rücken der Erhebungen, fern von jenen Senkungsarealen des ozeanischen Beckens, ist nicht dieselbe Veranlassung zum Entstehen solcher Zertrümmerung gewesen. Vulkane folgen dem jetzigen Meeresufer in einfachen, bisweilen doppelten, wohl auch dreifachen, parallelen Reihen. Kurze Querjöcher verbinden sie, auf Querspalten gehoben und Bergknoten bildend. Häufig (keineswegs immer) ist die dem Ufer nähere Reihe die thätigste, während die fernere, mehr innere, erloschen oder dem Erlöschen nahe erscheint. Bisweilen wähnt man nach bestimmter Richtung in einer und derselben Reihe von Vulkanen eine Zu- oder Abnahme der Eruptionshäufigkeit zu erkennen, aber die Phänomene der nach langen Perioden wieder erwachenden Thätigkeit machen dies Erkennen sehr unsicher.

Da aus Mangel oder Unbeachtung sicherer Ortsbestim-

mungen sowohl der Vulkane als der ihnen nächsten Küstenpunkte viele ungenaue Angaben der Meeresferne vulkanischer Thätigkeit verbreitet sind, so gebe ich hier folgende Zahlen von geographischen Meilen (jede zu 3807 Toisen = 7,42 km, also 15 = 1°) an. In den Kordilleren von Quito liegt der ununterbrochen speiende Sangay am östlichsten; seine Meeresnähe ist aber doch noch 28 Meilen (208 km). Sehr gebildete Mönche aus den Missionen der Indios Andaquies am Alto Putumayo haben mir versichert, daß sie am oberen Rio de la Fragua, einem Zufluß des Caqueta, östlich von der Ceja, einen nicht sehr hohen Kegelberg haben rauchen sehen;[196] der Küstenabstand würde 40 Meilen (300 km) betragen. Der mexikanische, im September 1759 aufgestiegene Vulkan von Jorullo hat 21 Meilen (155 km) nächsten Küstenabstandes (Kosmos Bd. IV, S. 244 bis 250), der Vulkan Popocatepetl 33 Meilen (245 km), ein ausgebrannter Vulkan in der östlichen Kordillere von Bolivia, bei S. Pedro de Cacha, im Thale von Yucay (Kosmos, Bd. IV, S. 232), über 45 Meilen (334 km), die Vulkane des Siebengebirges bei Bonn und der Eifel (Kosmos Bd. IV, S. 198 bis 203) 33 bis 38 Meilen (245 bis 282 km), die der Auvergne, des Velay und Vivarais[197] nach Abteilung in 3 abgesonderte Gruppen (Gruppe des Puy de Dôme bei Clermont mit den Monts-Dores, Gruppe des Cantal, Gruppe von le Puy und Mezenc) 37, 29 und 21 Meilen (275, 141 und 155 km). Die ausgebrannten Vulkane von Olot, südlich von den Pyrenäen, westlich von Gerona, mit ihren deutlichen, bisweilen geteilten Lavaströmen, liegen nur 7 Meilen (52 km) von den katalonischen Küsten des Mittelmeeres entfernt, dagegen die unbezweifelten und allem Anscheine nach sehr frisch ausgebrannten Vulkane in der langen Kette der Rocky Mountains im nordwestlichen Amerika 150 bis 170 Meilen (1113 und 1260 km) Entfernung von dem Litorale der Südsee zählen.

Ein sehr abnormes Phänomen in der geographischen Verteilung der Vulkane ist die Existenz in historischer Zeit thätiger, vielleicht noch teilweise brennender Vulkane in der Gebirgskette des Tian-schan (des Himmelsgebirges), zwischen den zwei Parallelketten des Altai und des Kuen-lün, deren Existenz Abel Rémusat und Klaproth zuerst bekannt gemacht und welche ich in meinem Werke über Innerasien, auf die scharfsinnigen und mühevollen sinologischen Forschungen von Stanislas Julien gestützt, vollständiger habe behandeln

können.[198] Der Abstand des Vulkanes Pe-schan (Montblanc) mit seinen Lavaströmen und des noch brennenden Feuerberges (Ho-tscheu) von Turfan ist vom Litorale des Eismeeres und des Indischen Meeres fast gleich groß, etwa 370 und 380 Meilen (2745 und 2820 km). Dagegen ist die Entfernung, in welcher der Pe-schan, dessen Lavaausbrüche vom Jahre 89 unserer Zeitrechnung bis zum Anfang des 7. Jahrhunderts in chinesischen Werken einzeln aufgezeichnet sind, sich von dem großen Alpensee Issik-Kul am Abfall des Temurtutagh (eines westlichen Teiles des Tian-schan) befindet, nur 43 Meilen (320 km), von dem nördlicher gelegenen, 37 Meilen (275 km) langen See Balkasch beträgt sie 52 Meilen (385 km). Der große Dsaisangsee, in dessen Nähe ich selbst, in der chinesischen Dsungarei, mich 1829 befand, ist 90 Meilen (667 km) von den Vulkanen des Tian-schan entfernt. Binnenwasser fehlen also nicht, aber freilich doch nicht in solcher Nähe, als dem jetzt noch thätigen Vulkane, dem Demavend im persischen Mazenderan, das Kaspische Meer ist.

Wenn aber Wasserbecken, ozeanische oder Binnenwasser, auch gar nicht zur Unterhaltung der vulkanischen Thätigkeit erforderlich sind, wenn Inseln und Küsten, wie ich zu glauben geneigt bin, nur reicher an Vulkanen sind, weil das Emporsteigen der letzteren, durch innere elastische Kräfte bewirkt, von einer nahen Depression im Meeresbecken begleitet ist, so daß ein Erhebungsgebiet an ein Senkungsgebiet grenzt und an dieser Grenze mächtige, tief eindringende Spaltungen und Klüfte veranlaßt werden, so darf man vermuten, daß in der innerasiatischen Zone zwischen den Parallelen von 41° und 48° die große aralo-kaspische Depressionsmulde, wie die bedeutende Zahl gereihter und ungereihter Seen zwischen dem Tian-schan und dem Altai-Kurtschum zu Küstenphänomenen hat Anlaß geben können. Man weiß aus Tradition, daß viele perlartig aneinander gereihte Becken (lacs à chapelet) einsmals ein einziges großes Becken bildeten. Größere Seen sieht man noch durch Mißverhältnis zwischen dem Niederschlag und der Verdunstung sich teilen. Ein der Kirgisensteppe sehr kundiger Beobachter, General Genz in Orenburg, vermutete, daß eine hydraulische Verbindung zwischen dem Aralsee, dem Aksakal, dem Sary-Kupa und Tschagli vormals existierte. Man erkennt eine große Furche, von Südwest nach Nordost gerichtet, die man verfolgen kann über Omsk zwischen dem Irtysch und Ob durch die seereiche Barabinskische

Steppe gegen die Moorebenen der Samojeden, gegen Beresow und das Litorale des Eismeeres. Mit dieser Furche hängt vielleicht zusammen die alte, weitverbreitete Sage von einem Bitteren Meere (auch Getrocknetes Meer, Han-hai, genannt), das sich östlich und südlich von Hami erstreckte und in welchem sich ein Teil der Gobi, deren salz- und schilfreiche Mitte der Dr. von Bunge durch genaue Barometermessung nur 2400 Fuß (780 m) über der Oberfläche des Ozeans erhoben fand, inselförmig emporhob.[199] Seehunde, ganz denen ähnlich, welche in Scharen das Kaspische Meer und den Baikal bewohnen, finden sich (und diese geologische Thatsache ist bisher nicht genug beachtet worden) über 100 geographische Meilen (740 km) östlich vom Baikal in dem kleinen Süßwassersee Oron von wenigen Meilen Umfanges. Der See hängt zusammen mit dem Witim, einem Zufluß der Lena, in der keine Seehunde leben. Die jetzige Isoliertheit dieser Tiere, ihre Entfernung von dem Ausfluß der Wolga (volle 900 geographische Meilen = 6680 km) ist eine merkwürdige, auf einen alten und großen Wasserzusammenhang hindeutende, geologische Erscheinung. Sollten die vielfältigen Senkungen, denen in großer Erstreckung dieser mittlere Teil von Asien ausgesetzt gewesen ist, auf die Konvexität der Kontinentalanschwellung ausnahmsweise ähnliche Verhältnisse, als an den Litoralen, an den Rändern der Erhebungsspalte hervorgerufen haben?

Weithin in Osten, in der nordwestlichen Mandschurei, in der Umgegend von Mergen (wahrscheinlich in lat. 48½° und long. 120° östlich von Paris), hat man aus sicheren, an den Kaiser Kanghi abgestatteten Berichten Kenntnis von einem ausgebrannten Vulkane erhalten. Der schlacken- und lavagebende Ausbruch des Berges Bo-schan oder Ujun-Holdongi (die neun Hügel), etwa 3 bis 4 Meilen (22 bis 30 km) in südwestlicher Richtung von Mergen, fand statt im Januar 1721. Die aufgeworfenen Schlackenhügel hatten nach Aussage der vom Kaiser Kanghi zur Erforschung ausgesandten Personen 6 geographische Meilen (45 km) im Umfange; es wurde auch gemeldet, daß ein Lavastrom, die Wasser des Flusses Udelin stauend, einen See gebildet habe. Im 7. Jahrhundert unserer Zeitrechnung soll, nach weniger umständlichen chinesischen Berichten, der Bo-schan einen früheren feurigen Ausbruch gehabt haben. Die Entfernung vom Meere ist ungefähr 105 geographische Meilen (780 km), also mehr denn drei-

mal größer als die Meeresnähe des Vulkanes von Jorullo; ähnlich der des Himalaya[200]. Wir verdanken diese merkwürdigen geognostischen Nachrichten aus der Mandschurei dem Fleiße des Herrn W. P. Waßiljew (Geographischer Bote 1855, Heft 5, S. 31) und einem Aufsatze des Herrn Semenow des gelehrten Uebersetzers von Karl Ritters großer Erdkunde) im 17. Bande der Schriften der kaiserlich russischen geographischen Gesellschaft.

Bei den Untersuchungen über die geographische Verteilung der Vulkane und ihre größere Häufigkeit auf Inseln und Litoralen, d. i. Erhebungsrändern der Kontinente, ist auch die zu vermutende große Ungleichheit der schon erlangten Dicke der Erdkruste vielfach in Betrachtung gezogen worden. Man ist geneigt, anzunehmen, daß die Oberfläche der inneren geschmolzenen Masse des Erdkörpers den Punkten näher liege, wo die Vulkane ausgebrochen sind. Da aber viele mittlere Grade der Zähigkeit in der erstarrenden Masse gedacht werden können, so ist der Begriff einer solchen Oberfläche des Geschmolzenen schwer mit Klarheit zu fassen, wenn als Hauptursache aller Verwerfungen, Spaltungen, Erhebungen und muldenförmigen Senkungen eine räumliche Kapazitätsveränderung der äußeren festen, schon erstarrten Schale gedacht werden soll. Wenn es erlaubt wäre, nach den in den artesischen Brunnen gesammelten Erfahrungen wie nach den Schmelzgraden des Granites in arithmetischer Reihe, also bei Annahme gleicher geothermischer Tiefenstufen, die sogenannte Dicke der Erdkruste zu bestimmen, so fände man sie zu $5^2/_{10}$ geographischen Meilen (jede zu 3807 Toisen oder 7,42 km) oder $^1/_{329}$ des Polardurchmessers;[201] aber Einwirkungen des Druckes und der Wärmeleitung verschiedener Gebirgsarten lassen voraussetzen, daß die geothermischen Tiefenstufen mit zunehmender Tiefe selbst einen größeren Wert haben.

Trotz der sehr geringen Zahl von Punkten, an denen gegenwärtig das geschmolzene Innere unseres Planeten mit dem Luftkreise in thätiger Verbindung steht, ist doch die Frage nicht ohne Wichtigkeit, in welcher Art und in welchem Maße die vulkanischen Gasexhalationen auf die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre und durch sie auf das, sich auf der Oberfläche entwickelnde, organische Leben einwirken? Zuerst muß man in Betrachtung ziehen, daß es weniger die Gipfelkrater selbst als die kleinen Auswurfskegel und die große Räume ausfüllenden, so viele Vulkane umgebenden

Fumarolen sind, welche Gasarten aushauchen; ja, daß ganze Landstrecken auf Island, im Kaukasus, in dem Hochlande von Armenien, auf Java, den Galapagos, Sandwichinseln und Neuseeland durch Solfataren, Naphthaquellen und Salse sich ununterbrochen wirksam zeigen. Vulkanische Gegenden, welche man gegenwärtig unter die ausgebrannten zählt, sind ebenfalls als Gasquellen zu betrachten, und das stille Treiben der unterirdischen, zersetzenden und bildenden Kräfte in ihnen ist der Quantität nach wahrscheinlich produktiver als die großen, selteneren und geräuschvollen Ausbrüche der Vulkane, wenngleich deren Lavafelder noch jahrelang fortfahren, sichtbar und unsichtbar zu dampfen. Glaubt man die Wirkungen dieser kleinen chemischen Prozesse darum vernachlässigen zu dürfen, weil das ungeheure Volum des durch Strömungen ewig bewegten Luftkreises um so geringe Bruchteile durch einzeln unwichtig scheinende[202] Zugaben in seiner primitiven Mischung wenig verändert werden könne, so erinnere man sich an den mächtigen Einfluß, welchen nach den schönen Untersuchungen von Percival, Saussure, Boussingault und Liebig drei oder vier Zehntausendteile von Kohlensäure unseres Luftkreises auf die Existenz des vegetabilischen Organismus haben. Nach Bunsens schöner Arbeit über die vulkanischen Gasarten geben unter den Fumarolen in verschiedenen Stadien der Thätigkeit und der Lokalverhältnisse einige (z. B. am großen Hekla) 0,81 bis 0,83 Stickstoff und in den Lavaströmen des Berges 0,78, bei nur Spuren (0,01 bis 0,02) von Kohlensäure; andere auf Island bei Krisuvik geben dagegen 0,86 bis 0,87 Kohlensäure mit kaum 0,01 Stickstoff. Ebenso bietet die wichtige Arbeit über die Gasemanationen im südlichen Italien und auf Sizilien von Charles Sainte-Claire Deville und Bornemann große Anhäufungen von Stickgas (0,98) in den Exhalationen einer Spalte tief im Krater von Vulcano, aber schwefelsaure Dämpfe mit einem Gemisch von 74,7 Stickgas und 18,5 Sauerstoff dar, also der Beschaffenheit der atmosphärischen Luft ziemlich nahe. Das Gas, welches bei Catania in dem Brunnen Acqua Santa[203] aufsteigt, ist dagegen reines Stickgas, wie es zur Zeit meiner amerikanischen Reise das Gas der Volcancitos de Turbaco war.

Sollte die große Quantität Stickstoffes, welche durch die vulkanische Thätigkeit verbreitet wird, allein die sein, die den Vulkanen durch Meteorwasser zugeführt wird, oder gibt es

innere, in der Tiefe liegende Quellen des Stickstoffes? Es ist auch zu erinnern, daß die in dem Regenwasser enthaltene Luft nicht, wie unsere, 0,79, sondern, nach meinen eigenen Versuchen, nur 0,69 Stickstoffes enthält. Der letztere ist für die Ammoniakalbildung, durch die in der Tropengegend fast täglichen elektrischen Explosionen, eine Quelle erhöhter Fruchtbarkeit.[204] Der Einfluß des Stickstoffes auf die Vegetation ist gleich dem des Substrates der atmosphärischen Kohlensäure.

Boussingault hat in den Analysen der Gasarten der Vulkane, welche dem Aequator nahe liegen (Tolima, Puracé, Pasto, Tuqueres und Cumbal), mit vielem Wasserdampf, Kohlensäure und geschwefeltes Wasserstoffgas, aber keine Salzsäure, keinen Stickstoff und kein freies Hydrogen gefunden. Der Einfluß, den das Innere unseres Planeten noch gegenwärtig auf die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre ausübt, indem er dieser Stoffe entzieht, um sie unter anderen Formen wiederzugeben, ist gewiß nur ein unbedeutender Teil von den chemischen Revolutionen, welche der Luftkreis in der Urzeit bei dem Hervorbrechen großer Gebirgsmassen auf offenen Spalten muß erlitten haben. Die Vermutung über den wahrscheinlich sehr großen Anteil von Kohlensäure in der alten Luftumhüllung wird verstärkt durch die Vergleichung der Dicke der Kohlenlager mit der so dünnen Schicht von Kohle (7 Linien = 15 mm Dicke), welche nach Chevandiers Berechnung in der gemäßigten Zone unsere dichtesten Waldungen dem Boden in 100 Jahren geben würden.

In der Kindheit der Geognosie, vor Dolomieus scharfsinnigen Vermutungen, wurde die Quelle vulkanischer Thätigkeit nicht unter den ältesten Gebirgsformationen, für die man damals allgemein den Granit und Gneis hielt, gesetzt. Auf einige schwache Analogieen der Entzündbarkeit fußend, glaubte man lange, daß die Quelle vulkanischer Ausbrüche und der Gasemanationen, welche dieselben für viele Jahrhunderte veranlassen, in den neueren, übersilurischen Brennstoff enthaltenden Flözschichten zu suchen sei. Allgemeinere Kenntnis der Erdoberfläche, tiefere und richtiger geleitete geognostische Forschungen, und der wohlthätige Einfluß, welchen die großen Fortschritte der neueren Chemie auf die Geologie ausgeübt, haben gelehrt, daß die drei großen Gruppen vulkanischen oder eruptiven Gesteines (Trachyt, Phonolith und Basalt) unter sich, wenn man sie als große Massen betrachtet, im Alter

verschieden und meist sehr voneinander abgesondert auftreten, alle drei aber später als die plutonischen Granite, Diorite und Quarzporphyre, als alle silurischen, sekundären, tertiären und quartären (pleistocänen) Bildungen an die Oberfläche getreten sind, ja oft die lockeren Schichten der Diluvialgebilde und Knochenbreccien durchsetzen. Eine auffallende Mannigfaltigkeit [205] dieser Durchsetzungen, auf einem kleinen Raum zusammengedrängt, findet sich, nach Rozets wichtiger Bemerkung, in der Auvergne; denn wenngleich die großen trachytischen Gebirgsmassen des Cantal, Mont-Dore und Puy de Dôme den Granit selbst durchbrechen, auch teilweise (z. B. zwischen Vic und Aurillac und am Giou de Mamon) große Fragmente von Gneis [206] und Kalkstein einschließen, so sieht man doch auch Trachyt und Basalte den Gneis, das Steinkohlengebirge der Tertiär- und Diluvialschichten gangartig durchschneiden. Basalte und Phonolithe, nahe miteinander verwandt, wie das böhmische Mittelgebirge und die Auvergne beweisen, sind beide neuerer Formation als die Trachyte, welche oft von Basalten in Gängen durchsetzt werden. [207] Die Phonolithe sind aber wiederum älter als die Basalte; sie bilden wahrscheinlich nie Gänge in diesen, dahingegen dikes von Basalt oft den Porphyrschiefer (Phonolith) durchschneiden. In der Andeskette von Quito habe ich die Basaltformation räumlich weit von den herrschenden Trachyten getrennt gefunden, fast allein am Rio Pisque und im Thale von Guaillabamba. [208]

Da in der vulkanischen Hochebene von Quito alles mit Trachyt, Trachytkonglomeraten und Tuffen bedeckt ist, so war es mein eifrigstes Bestreben, irgend einen Punkt zu entdecken, an dem man deutlich erkennen könne, auf welcher älteren Gebirgsart die mächtigen Kegel- und Glockenberge aufgesetzt sind, oder, um bestimmter zu reden, welche sie durchbrochen haben. Einen solchen Punkt bin ich so glücklich gewesen, aufzufinden, als ich im Monat Juni 1802 von Riobamba nuevo aus (8898 Fuß = 2890 m über dem Spiegel der Südsee) eine Ersteigung des Tunguragua auf der Seite der Cuchilla de Guandisava versuchte. Ich begab mich von dem anmutigen Dorfe Penipe über die schwankende Seilbrücke (puente de maroma) des Rio Puela nach der isolierten hacienda de Guansce (7440 Fuß = 2417 m), wo im Südost, dem Einfluß des Rio Blanco in den Rio Chambo gegenüber, sich eine prachtvolle Kolonnade von schwarzem,

pechsteinartigem Trachyt erhebt. Man glaubt von weitem den Basaltsteinbruch bei Unkel zu sehen. Am Chimborazo, etwas über dem Wasserbecken von Yana-Cocha, sah ich eine ähnliche, höhere, doch minder regelmäßige Säulengruppe von Trachyt. Die Säulen südöstlich von Penipe sind meist fünfseitig, von nur 14 Zoll (37 cm) Durchmesser, oft gekrümmt und divergierend. Am Fuße dieser schwarzen, pechsteinartigen Trachyte von Penipe) unfern der Mündung des Rio Blanco) sieht man in diesem Teile der Kordillere eine sehr unerwartete Erscheinung, grünlich weißen Glimmerschiefer mit eingesprengten Granaten, und weiterhin, jenseits des seichten Flüßchens Bascaguan, bei der Hacienda von Guansce, nahe dem Ufer des Rio Puela, den Glimmerschiefer wahrscheinlich unterteufend, Granit von mittlerem Korn, mit lichtem, rötlichem Feldspat, wenig schwärzlich-grünem Glimmer und vielem gräulich-weißem Quarz. Hornblende fehlt. Es ist kein Syenit. Die Trachyte des Vulkans von Tunguragua, ihrer mineralogischen Beschaffenheit nach denen des Chimborazo gleich, d. i. aus einem Gemenge von Oligoklas und Augit bestehend, haben also hier Granit und Glimmerschiefer durchbrochen. Weiter gegen Süden, etwas östlich von dem Wege von Riobambo nuevo nach Guamote und Ticsan, kommen in der vom Meeresufer abgewandten Kordillere die ehemals so genannten uranfänglichen Gebirgsarten: Glimmerschiefer und Gneis, gegen den Fuß der Kolosse des Altar de los Collanes, des Cuvillan und des Paramo del Hatillo überall zu Tage. Vor der Ankunft der Spanier, ja selbst ehe die Herrschaft der Inkas sich so weit nach Norden erstreckte, sollen die Eingeborenen hier metallführende Lagerstätten in der Nähe der Vulkane bearbeitet haben. Etwas südlich von San Luis beobachtet man häufig Quarzgänge, die einen grünlichen Thonschiefer durchsetzen. Bei Guamote, an dem Eingange der Grasebene von Tiocara, fanden wir große Massen von Gestellstein, sehr glimmerarme Quarzite von ausgezeichneter linearer Parallelstruktur, regelmäßig mit 70° gegen Norden einschließend. Weiter südlich bei Ticsan unweit Alausi bietet der Cerro Cuello de Ticsan große Schwefelmassen bebaut in einem Quarzlager, dem nahen Glimmerschiefer untergeordnet, dar. Eine solche Verbreitung des Quarzes in der Nähe von Trachytvulkanen hat auf den ersten Anblick etwas Befremdendes. Aber meine Beobachtungen von der Auflagerung oder vielmehr dem Ausbrechen des Trachytes aus Glimmerschiefer und Granit am

Fuße des Tunguragua (ein Phänomen, welches in den Kordilleren so selten als in der Auvergne häufig ist), haben 47 Jahre später die vortrefflichen Arbeiten des französischen Geognosten Herrn Sebastian Wisse am Sangay bestätigt.

Dieser kolossale Vulkan, 1260 Fuß (410 m) höher als der Montblanc, ohne alle Lavaströme, die auch Charles Deville dem ebenso thätigen Stromboli abspricht, aber wenigstens seit dem Jahre 1728 in ununterbrochener Thätigkeit schwarzer, oft glühend leuchtender Steinauswürfe, bildet eine Trachytinsel von kaum 2 geogr. Meilen (15 km) Durchmesser[209] mitten in Granit- und Gneisschichten. Ganz entgegengesetzte Lagerungsverhältnisse zeigt die vulkanische Eifel, wie ich schon oben bemerkt habe, sowohl bei der Thätigkeit, welche sich einst in den in devonische Schiefer eingesenkten Maaren (oder Minentrichtern), als der, welche sich in den Lavastrom gebenden Gerüsten offenbart, wie am langen Rücken des Mosenberges und Gerolsteines. Die Oberfläche bezeugt hier nicht, was im Inneren verborgen ist. Die Trachytlosigkeit vor Jahrtausenden so thätiger Vulkane ist eine noch auffallendere Erscheinung. Die augithaltigen Schlacken des Mosenberges, welche den basaltartigen Lavastrom teilweise begleiten, enthalten kleine gebrannte Schieferstücke, nicht Fragmente von Trachyt, in der Umgebung fehlen die Trachyte. Diese Gebirgsart wird in der Eifel nur ganz isoliert sichtbar, fern von Maaren und lavagebenden Vulkanen, wie im Sellberg bei Quiddelbach und in dem Bergzuge von Reimerath. Die Verschiedenheit der Formationen, welche die Vulkane durchbrechen, um in der oberen Erdrinde mächtig zu wirken, ist geognostisch ebenso wichtig als das Stoffhaltige, das sie hervorbringen.

Die Gestaltungsverhältnisse der Felsgerüste, durch welche die vulkanische Thätigkeit sich äußert oder zu äußern gestrebt hat, sind endlich in neueren Zeiten in ihrer oft sehr komplizierten Verschiedenartigkeit in den fernsten Erdzonen weit genauer erforscht und dargestellt worden, als im vorigen Jahrhundert, wo die ganze Morphologie der Vulkane sich auf Kegel- und Glockenberge beschränkte. Man kennt jetzt von vielen Vulkanen den Bau, die Hypsometrie und die Reibung (das, was der scharfsinnige Karl Friedrich Naumann die Geotektonik[210] nennt) auf das befriedigendste oft da, wo man noch in der größten Unwissenheit über die Zusammensetzung ihrer Gebirgsart, über die Association der Mineralspezies geblieben ist, welche ihre Trachyte charakteri-

sieren und von der Grundmasse abgesondert erkennbar werden. Beide Arten der Kenntnis, die morphologische der Felsgerüste und die oryktognostische der Zusammensetzung, sind aber zur vollständigen Beurteilung der vulkanischen Thätigkeit gleich notwendig; ja die letztere, auf Kristallisation und chemische Analyse gegründet, wegen des Zusammenhanges mit plutonischen Gebirgsarten (Quarzporphyr, Grünstein, Serpentin) von größerer geognostischer Wichtigkeit. Was wir von dem sogenannten Vulkanismus des Mondes zu wissen glauben, bezieht sich der Natur dieser Kenntnis nach ebenfalls allein auf Gestaltung.[211]

Wenn, wie ich hoffe, das, was ich hier über die Klassifikation der vulkanischen Gebirgsarten, oder, um bestimmter zu reden, über die Einteilung der Trachyte nach ihrer Zusammensetzung vortrage, ein besonderes Interesse erregt, so gehört das Verdienst dieser Gruppierung ganz meinem vieljährigen Freunde und sibirischen Reisegefährten Gustav Rose. Eigene Beobachtung in der freien Natur und die glückliche Verbindung chemischer, kristallographisch-mineralogischer und geognostischer Kenntnisse haben ihn besonders geschickt gemacht, neue Ansichten zu verbreiten über den Kreis der Mineralien, deren verschiedenartige, aber oft wiederkehrende Association das Produkt vulkanischer Thätigkeit ist. Er hat, zum Teil auf meine Veranlassung, mit aufopfernder Güte, besonders seit dem Jahre 1834 die Stücke, welche ich von dem Abhange der Vulkane von Neugranada, los Pastos, Quito und dem Hochlande von Mexiko mitgebracht, wiederholentlich untersucht und mit dem, was aus anderen Weltgegenden die reiche Mineraliensammlung des Berliner Kabinettes enthält, verglichen. Leopold von Buch hatte, als meine Sammlungen noch nicht von denen meines Begleiters Aimé Bonpland getrennt waren (in Paris 1810 bis 1811, zwischen seiner Rückkunft aus Norwegen und seiner Reise nach Tenerifa), sie mit anhaltendem Fleiße mikroskopisch untersucht, auch schon früher, während des Aufenthaltes mit Gay-Lussac in Rom (Sommer 1805) wie später in Frankreich von dem Kenntnis genommen, was ich in meinen Reisejournalen an Ort und Stelle über einzelne Vulkane und im allgemeinen sur l'affinité entre les Volcans et certains porphyres dépourvus de quarz im Monat Juli 1802 niedergeschrieben hatte.[212] Ich bewahre als ein mir überwertes Andenken einige Blätter mit Bemerkungen über die vulkanischen Produkte der Hochebenen von

Quito und Mexiko, welche der große Geognost mir vor jetzt mehr als 46 Jahren zu meiner Belehrung mitteilte. Da Reisende, wie ich schon an einem anderen Orte umständlicher entwickelt, nur immer die Träger des unvollständigen Wissens ihrer Zeit sind und ihren Beobachtungen viele der leitenden Ideen, d. h. der Unterscheidungsmerkmale fehlen, welche die Früchte eines fortschreitenden Wissens sind, so bleibt dem materiell Gesammelten und geographisch Geordneten fast allein ein langdauernder Wert.

Will man, wie mehrfach geschehen, die Benennung Trachyt (wegen der frühesten Anwendung auf das Gestein von Auvergne und des Siebengebirges bei Bonn) auf eine vulkanische Gebirgsart beschränken, welche Feldspat, besonders Werners glasigen Feldspat, Roses und Abichs Sanidin enthalte, so wird dadurch die zu höheren geognostischen Ansichten führende innige Verkettung des vulkanischen Gesteines unfruchtbar zerrissen. Eine solche Beschränkung konnte den Ausdruck rechtfertigen, „daß in dem labradorreichen Aetna kein Trachyt vorkomme“, ja meine eigenen Sammlungen beweisen sollen, „daß kein einziger der fast zahllosen Vulkane der Andes aus Trachyt bestehe, daß sogar die sie bildende Masse Albit und deshalb, da man damals (1835) allen Oligoklas irrig für Albit hielt, alles vulkanische Gestein mit dem allgemeinen Namen Andesit (bestehend aus Albit mit wenig Hornblende) zu belegen sei“. Wie ich selbst nach den Eindrücken, welche ich von meinen Reisen über das, trotz einer mineralogischen Verschiedenheit innerer Zusammensetzung, allen Vulkanen Gemeinsame zurückgebracht, so hat auch Gustav Rose nach dem, was er in dem schönen Aufsatz über die Feldspatgruppe[213] entwickelt hat, in seiner Klassifikation der Trachyte Orthoklas, Sanidin, den Anorthit der Somma, Albit, Labrador und Oligoklas verallgemeinernd als den feldspatartigen Anteil der vulkanischen Gebirgsarten betrachtet. Kurze Benennungen, welche Definitionen enthalten sollen, führen in der Gebirgslehre wie in der Chemie zu mancherlei Unklarheiten. Ich war selbst eine Zeitlang geneigt, mich der Ausdrücke Orthoklas- oder Labrador- oder Oligoklastrachyte zu bedienen und so den glasigen Feldspat (Sanidin) wegen seiner chemischen Zusammensetzung unter der Gattung Orthoklas (gemeinen Feldspat) zu begreifen. Die Namen waren allerdings wohlklingend und einfach, aber ihre Einfachheit selbst mußte irre führen, denn wenngleich Labradortrachyt zum Aetna und zu

Stromboli führt, so würde der Oligoklastrachyt in seiner wichtigen zweifachen Verbindung mit Augit und Hornblende die weitverbreiteten, sehr verschiedenartigen Formationen des Chimborazo und des Vulkanes von Toluca fälschlich miteinander verbinden. Es ist die Association eines feldspatartigen Elementes mit einem oder zwei anderen, welche hier, wie bei gewissen Gangausfüllungen (Gangformationen), charakterisierend auftritt.

Folgendes ist die Uebersicht der Abteilungen, welche seit dem Winter 1852 Gustav Rose in den Trachyten nach den darin eingeschlossenen, abgesondert erkennbaren Kristallen unterscheidet. Die Hauptresultate dieser Arbeit, in der keine Verwechselung des Oligoklases mit dem Albit stattfindet, wurde zehn Jahre früher erlangt, als mein Freund bei seinen geognostischen Untersuchungen im Riesengebirge fand, daß der Oligoklas dort ein wesentlicher Gemengteil des Granites sei, und so auf die Wichtigkeit des Oligoklas als wesentlichen Gemengteiles der Gebirgsarten aufmerksam gemacht, ihn auch in anderen Gebirgsarten aufsuchte.[214] Diese Arbeit führte zu dem wichtigen Resultate (Poggend. Ann. Bd. LXVI, 1845, S. 109), daß der Albit nie der Gemengteil einer Gebirgsart sei.

Erste Abteilung. „Die Grundmasse enthält nur Kristalle von glasigem Feldspat, welche tafelartig und in der Regel groß sind. Hornblende und Glimmer treten darin entweder gar nicht oder doch nur äußerst sparsam und als ganz unwesentliche Gemengteile hinzu. Hierher gehört der Trachyt der Phlegräischen Felder (Monte Olibano bei Pozzuoli), der von Ischia und von la Tolfa, auch ein Teil des Mont-Dore (grande Cascade). Augit zeigt sich in kleinen Kristallen in Trachyten des Mont-Dore, doch sehr selten; in den Phlegräischen Feldern neben Hornblende gar nicht, ebensowenig als Leucit, von welchem letzteren aber doch Hoffmann über dem Lago Averno (an der Straße nach Cumä) und ich am Abhange des Monte nuovo[215] (im Herbst 1822) einige Stücke gesammelt haben; Leucitophyr in losen Stücken ist häufiger in der Insel Procida und dem daneben liegenden Scoglio di S. Martino.“

Zweite Abteilung. „Die Grundmasse enthält einzelne glasige Feldspatkristalle und eine Menge kleiner schneeweißer Oligoklaskristalle. Die letzteren sind oft regelmäßig mit dem glasigen Feldspat verwachsen und bilden eine Hülle um den Feldspat, wie dies bei G. Roses Granit (der

Hauptmasse des Riesen- und Isergebirges, Granite mit rotem Feldspat, besonders reich an Oligoklas und an Magnesiaglimmer, aber ohne allen weißen Kaliglimmer) so häufig ist. Hornblende und Glimmer und in einigen Abänderungen Augit treten zuweilen in geringer Menge hinzu. Hierher gehören die Trachyte vom Drachenfels und von der Perlenhardt im Siebengebirge[216] bei Bonn, viele Abänderungen des Mont-Dore und Cantal, auch Trachyte von Kleinasien (welche wir der Thätigkeit des Reisenden Peter von Tschichatschew verdanken), von Afiun Karahissar (wegen Mohnkultur berühmt) und Mehammedkjöe in Phrygien, von Kajadschyk und Donanlar in Mysien, in denen glasiger Feldspat mit vielem Oligoklas, etwas Hornblende und braunem Glimmer gemengt sind."

Dritte Abteilung. „Die Grundmasse dieser dioritartigen Trachyte enthält viele kleine Oligoklaskristalle mit schwarzer Hornblende und braunem Magnesiaglimmer. Hierher gehören die Trachyte von Aegina,[217] dem Kozelniker Thale bei Schemnitz, von Nagyag in Siebenbürgen, von Montabaur im Herzogtum Nassau, vom Stenzelberg und von der Wolkenburg im Siebengebirge bei Bonn, vom Puy de Chaumont bei Clermont in der Auvergne und von Liorant im Cantal, der Kasbek im Kaukasus, die mexikanischen Vulkane von Toluca und Orizaba, der Vulkan von Puracé und, als Trachyte, aber sehr ungewiß, die prächtigen Säulen von Pisoje[218] bei Popayan. Auch die Domite Leopolds von Buch gehören zu dieser dritten Abteilung. In der weißen, feinkörnigen Grundmasse der Trachyte des Puy de Dôme liegen glasige Kristalle, die man stets für Feldspat gehalten hat, die aber auf der deutlichsten Spaltungsfläche immer gestreift und Oligoklas sind, Hornblende und etwas Glimmer finden sich daneben. Nach den vulkanischen Gesteinen, welche die königliche Sammlung Herrn Möllhausen, dem Zeichner und Topographen der Exploring Expedition des Lieutenant Whipple verdankt, gehören auch zu der dritten Abteilung, zu den dioritartigen Tolucatrachyten, die des Mount Taylor zwischen Santa Fé del Nuevo Mexico und Albuquerque, wie die von Cieneguilla am westlichen Abfalle der Rocky Mountains, wo nach den schönen Beobachtungen von Jules Marcou schwarze Lavaströme sich über die Juraformation ergießen." Dieselben Gemenge von Oligoklas und Hornblende, die ich im aztekischen Hochlande, im eigentlichen Anahuac, aber nicht in den Kordilleren von Südamerika gesehen, finden sich auch weit

westlich von den Rocky Mountains und von Zuñi, beim Mohave River, einem Zufluß des Rio Colorado. (S. Marcou, Résumé of a geological reconnaissance from the Arkansas to California, July 1854, p. 46 bis 48, wie auch in zwei wichtigen französischen Abhandlungen: Résumé explicatif d'une carte géologique des Etats-Unis 1855, p. 113 bis 116 und Esquisse d'une Classification des Chaînes de montagnes de l'Amérique du Nord 1855: Sierra de S. Francisco et Mount-Taylor p. 23.) Unter den Trachyten von Java, welche ich der Freundschaft des Dr. Junghuhn verdanke, haben wir ebenfalls die der dritten Abteilung erkannt in drei vulkanischen Gegenden: denen von Burung-agung, Tjimas und Gunung Parang (Distrikt Batugangi).

Vierte Abteilung. „Die Grundmasse enthält Augit mit Oligoklas: der Pik von Tenerifa,[219] die mexikanischen Vulkane Popocatepetl[220] und Colima, die südamerikanischen Vulkane Tolima (mit dem Paramo de Ruiz), Puracé bei Popayan, Pasto und Cumbal (nach von Boussingault gesammelten Fragmenten), Rucu-Pichincha, Antisana, Cotopaxi, Chimborazó,[221] Tunguragua, und Trachytfelsen, welche von den Ruinen von Alt-Riobamba bedeckt sind. In dem Tunguragua kommen neben den Augiten auch vereinzelt schwärzlich-grüne Uralitkristalle von ½ bis 5 Linien (1 bis 10 mm) Länge vor mit vollkommener Augitform und Spaltungsflächen der Hornblende (s. Rose, Reise nach dem Ural Bd. II, S. 353)." Ich habe von dem Abhange des Tunguragua in der Höhe von 12480 Fuß (3914 m) ein solches Stück mit deutlichen Uralitkristallen mitgebracht. Nach Gustav Roses Meinung ist es auffallend verschieden von den sieben Trachytfragmenten desselben Vulkanes, die in meiner Sammlung liegen, und erinnert an die Formation des grünen Schiefers (schieferiger Augitporphyre), welche wir so verbreitet am asiatischen Abfall des Urals gefunden haben (a. a. O. S. 544).

Fünfte Abteilung. „Ein Gemenge von Labrador[222] und Augit,[223] ein doleritartiger Trachyt: Aetna, Stromboli, und nach den vortrefflichen Arbeiten über die Trachyte der Antillen von Charles Sainte-Claire Deville: die Soufrière de la Guadeloupe, wie auf Bourbon die drei großen Cirques, welche den Pic de Salazu umgeben."

Sechste Abteilung. „Eine oft graue Grundmasse, in der Kristalle von Leucit und Augit mit sehr wenig

Olivin liegen: Vesuv und Somma, auch die ausgebrannten Vulkane Vultur, Rocca Monfina, das Albaner Gebirge und Borghetto. In der älteren Masse (z. B. in dem Gemäuer und den Pflastersteinen von Pompeji) sind die Leucitkristalle von beträchtlicher Größe und häufiger als der Augit. Dagegen sind in den jetzigen Laven die Augite vorherrschend und im ganzen Leucite sehr selten. Der Lavastrom vom 22. April 1845 hat sie jedoch in Menge dargeboten.[221] Fragmente von Trachyten der ersten Abteilung, glasigen Feldspat enthaltend (Leopolds von Buch eigentliche Trachyte), finden sich eingebacken in den Tuffen des Monte Somma, auch einzeln unter der Bimssteinschicht, welche Pompeji bedeckt. Die Leucitophyrtrachyte der sechsten Abteilung sind sorgfältig von den Trachyten der ersten Abteilung zu trennen, obgleich auch in dem westlichen Teile der Phlegräischen Felder und auf der Insel Procida Leucite vorkommen, wie schon früher erwähnt worden ist."

Der scharfsinnige Urheber der hier eingeschalteten Klassifikation der Vulkane nach Association der einfachen Mineralien, welche sie uns zeigen, vermeint keineswegs die Gruppierung dessen erschöpft zu haben, was die in wissenschaftlich geologischem und chemischem Sinne im ganzen noch so überaus unvollkommen durchforschte Erdfläche darbieten kann. Veränderungen in der Benennung der associierten Mineralien, wie Vermehrung der Trachytformationen selbst sind zu erwarten auf zwei Wegen: durch fortschreitende Ausbildung der Mineralogie selbst (in genauerer spezifischer Unterscheidung gleichzeitig nach Form und chemischer Zusammensetzung), wie durch Vermehrung des meist noch so unvollständig und so unzweckmäßig Gesammelten. Hier wie überall, wo das Gesetzliche in kosmischen Betrachtungen nur durch vielumfassenden Vergleich des Einzelnen erkannt werden kann, muß man von dem Grundsatz ausgehen, daß alles, was wir nach dem jetzigen Zustande der Wissenschaften zu wissen glauben, ein ärmlicher Teil von dem ist, was das nächstfolgende Jahrhundert bringen wird. Die Mittel, diesen Gewinn früh zu erlangen, liegen vervielfältigt da, es fehlt aber noch sehr in der bisherigen Erforschung des trachytischen Teiles der gehobenen, gesenkten, oder durch Spaltung geöffneten überseeischen Erdfläche an der Anwendung gründlich erschöpfender Methoden.

Aehnlich in Form, in Konstruktion der Gerüste und geotektonischen Verhältnissen haben oft sehr nahe stehende

Vulkane nach der Zusammensetzung und Association ihrer Mineralienaggregate einen sehr verschiedenen individuellen Charakter. Auf der großen Querspalte, welche von Meer zu Meer fast ganz von Ost nach West eine von Südost nach Nordwest gerichtete Gebirgskette, oder besser gesagt ununterbrochene Gebirgsanschwellung durchschneidet, folgen sich die Vulkane also: Colima (11262 Pariser Fuß), Jorullo (4002 Fuß), Toluca (14232 Fuß), Popocatepetl (16632 Fuß) und Orizaba (16776 Fuß). Die einander am nächsten stehenden sind ungleich in der charakterisierenden Zusammensetzung, Gleichartigkeit der Trachyte zeigt sich alternierend. Colima und Popocatepetl bestehen aus Oligoklas mit Augit und haben also Chimborazo- oder Tenerifatrachyt; Toluca und Orizaba bestehen aus Oligoklas mit Hornblende und haben also Aegina- und Kozelnikgestein. Der neu entstandene Vulkan von Jorullo, fast nur ein großer Ausbruchhügel, besteht beinahe allein aus basalt- und pechsteinartigen meist schlackigen Laven und scheint dem Tolucatrachyt näher als dem Trachyt des Colima.

In diesen Betrachtungen über die individuelle Verschiedenheit der mineralogischen Konstitution nahe gelegener Vulkane liegt zugleich der Tadel des unheilbringenden Versuches ausgesprochen, einen Namen für eine Trachytart einzuführen, welcher von einer über 1800 geographische Meilen (13350 km) langen, großenteils vulkanischen Gebirgskette hergenommen ist. Der Name Jurakalkstein, den ich zuerst eingeführt habe,[225] ist ohne Nachteil, da er von einer einfachen ungemengten Gebirgsart entlehnt ist, von einer Gebirgskette, deren Alter durch Auflagerung organischer Einflüsse charakterisiert ist; es würde auch unschädlich sein, Trachytformationen nach einzelnen Bergen zu benennen, sich der Ausdrücke Tenerifa- oder Aetnatrachyte für bestimmte Oligoklas- oder Labradorformationen zu bedienen. Solange man geneigt war, unter den sehr verschiedenen Feldspatarten, welche den Trachyten der Andeskette eigen sind, überall Albit zu erkennen, wurde jedes Gestein, in dem man Albit vermutete, Andesit genannt. Ich finde den Namen der Gebirgsart mit der festen Bestimmung: „Andesit werde durch vorwaltenden Albit und wenig Hornblende gebildet," zuerst in der wichtigen Abhandlung meines Freundes Leopold von Buch vom Anfang des Jahres 1835 über Erhebungskrater und Vulkane.[226] Diese Neigung, überall Albit zu sehen, hat sich fünf bis sechs Jahre erhalten, bis man bei unparteiisch erneuerten und

gründlicheren Untersuchungen die trachytischen Albite als Oligoklase erkannte.[227] Gustav Rose ist zu dem Resultate gelangt, überhaupt zu bezweifeln, daß Albit in den Gebirgsarten als ein wirklicher, wesentlicher Gemengteil vorkomme; danach würde zufolge der älteren Ansicht vom Andesit dieser in der Andeskette selbst fehlen.

Die mineralogische Beschaffenheit der Trachyte wird auf unvollkommenere Weise erkannt, wenn die porphyrartig eingewachsenen Kristalle aus der Grundmasse nicht abgesondert, nicht einzeln untersucht und gemessen werden können und man zu den numerischen Verhältnissen der Erdarten, Alkalien und Metalloxyde, welche das Resultat der Analyse ergibt, wie zu dem spezifischen Gewichte der zu analysierenden, scheinbar amorphen Masse seine Zuflucht nehmen muß. Auf eine überzeugendere und mehr sichere Weise ergibt sich das Resultat, wenn die Grundmasse sowohl als die Hauptelemente des Gemenges einzeln, oryktognostisch und chemisch untersucht werden können. Letzteres ist z. B. der Fall bei den Trachyten des Piks von Tenerifa und denen des Aetna. Die Voraussetzung, daß die Grundmasse aus denselben kleinen ununterscheidbaren Bestandteilen bestehe, welche wir in den großen Kristallen erkennen, scheint keineswegs fest begründet zu sein, weil, wie wir schon oben gesehen, in Charles Devilles scharfsinniger Arbeit die amorph scheinende Grundmasse meist mehr Kieselsäure darbietet, als man nach der Gattung des Feldspates und der anderen sichtbaren Gemengteile erwarten sollte. Bei den Leucitophyren zeigt sich, wie Gustav Rose bemerkt, selbst in dem spezifischen Unterschiede der vorwaltenden Alkalien (der eingewobenen kalihaltigen Leucite) und der fast nur natronhaltigen Grundmasse ein auffallender Kontrast.

Aber neben diesen Associationen von Augit mit Oligoklas, Augit mit Labrador, Hornblende mit Oligoklas, welche in der von uns angenommenen Klassifikation der Trachyte aufgeführt worden sind und diese besonders charakterisieren, finden sich in jedem Vulkane noch andere leicht erkennbare unwesentliche Gemengteile, deren Frequenz oder stete Abwesenheit in verschiedenen oft sehr nahen Vulkanen auffallend ist. Ein häufiges oder durch lange Zeitepochen getrenntes Auftreten hängt in einer und derselben Werkstatt wahrscheinlich von mannigfaltigen Bedingungen der Tiefe des Ursprunges der Stoffe, der Temperatur, des Druckes, der Leicht- und Dünnflüssigkeit, des schnelleren oder langsameren Erkaltens ab.

Die spezifische Association oder der Mangel gewisser Gemengteile steht gewissen Theorieen, z. B. über die Entstehung des Bimssteines aus glasigem Feldspat oder aus Obsidian, entgegen. Diese Betrachtungen, welche gar nicht der neueren Zeit allein angehören, sondern schon am Ende des 18. Jahrhunderts durch Vergleichung der Trachyte von Ungarn und von Tenerifa angeregt waren, haben mich, wie meine Tagebücher bezeugen, in Mexiko und den Kordilleren der Andes mehrere Jahre lang lebhaft beschäftigt. Bei den neueren unverkennbaren Fortschritten der Lithologie haben die unvollkommeneren Bestimmungen der Mineralspezies, die ich während der Reise machte, durch Gustav Roses jahrelang fortgesetzte oryktognostische Bearbeitung meiner Sammlungen verbessert und gründlich gesichert werden können.

Glimmer.

Sehr häufig ist schwarzer oder dunkelgrüner Magnesiaglimmer in den Trachyten des Cotopaxi, in der Höhe von 2263 Toisen (4410 m) zwischen Suniguaicu und Quelendaña, wie auch in den unterirdischen Bimssteinlagern von Guapulo und Zumbalica am Fuße des Cotopaxi, doch vier deutsche Meilen (30 km) von demselben entfernt. Auch die Trachyte des Vulkanes von Toluca sind reich an Magnesiaglimmer, der am Chimborazo fehlt.[228] In unserem Kontinent haben sich Glimmer häufig gezeigt: am Vesuv (z. B. in den Ausbrüchen von 1821 bis 1823 nach Monticelli und Covelli), in der Eifel in den altvulkanischen Bomben des Laacher Sees, im Basalt von Meronitz, des mergelreichen Kausawer Berges, und vorzüglich der Gamayer Kuppe[229] des böhmischen Mittelgebirges, seltener im Phonolith wie im Dolerit des Kaiserstuhles bei Freiburg. Merkwürdig ist, daß nicht bloß in den Trachyten und Laven beider Kontinente kein weißer (meist zweiachsiger) Kaliglimmer, sondern nur dunkel gefärbter (meist einachsiger) Magnesiaglimmer erzeugt wird, und daß dieses ausschließliche Vorkommen des Magnesiaglimmers sich auf viele andere Eruptions- und plutonische Gesteine: Basalt, Phonolithe, Syenit, Syenitschiefer, ja selbst auf Granitite erstreckt, während der eigentliche Granit gleichzeitig weißen Kaliglimmer und schwarzen oder braunen Magnesiaglimmer enthält.

Glasiger Feldspat.

Diese Feldspatgattung, welche eine so wichtige Rolle in der Thätigkeit europäischer Vulkane spielt, in den Trachyten erster und zweiter Abteilung (z. B. auf Ischia, in den Phlegräischen Feldern, oder dem Siebengebirge bei Bonn), fehlt in dem neuen Kontinent in den Trachyten thätiger Vulkane wahrscheinlich ganz, was um so auffallender ist, als Sanidin (glasiger Feldspat) wesentlich den silberreichen, quarzlosen mexikanischen Porphyren von Moran, Pachuca, Villalpando und Acaguisotla angehört, von denen die ersteren mit den Obsidianen vom Jacal zusammenhängen.[230]

Hornblende und Augit.

Bei der Charakteristik von sechs verschiedenen Abteilungen der Trachyte ist schon bemerkt worden, wie dieselben Mineralspezies, welche (z. B. Hornblende in der dritten Abteilung oder dem Tolucagestein) als wesentliche Gemengteile auftreten, in anderen Abteilungen (z. B. in der vierten und fünften Abteilung, im Pichincha- und Aetnagestein) vereinzelt oder sporadisch erscheinen. Hornblende habe ich, wenn auch nicht häufig, in den Trachyten der Vulkane von Cotopaxi, Rucu-Pichincha, Tunguragua und Antisana neben Augit und Oligoklas, aber fast gar nicht neben den beiden eben genannten Mineralien am Abhange des Chimborazo bis über 18000 Fuß (5540 m) Höhe gefunden. Unter den vielen vom Chimborazo mitgebrachten Stücken ist Hornblende nur in zweien und in geringer Menge erkannt. Bei den Ausbrüchen des Vesuvs in den Jahren 1822 und 1850 haben sich Augite und Hornblendkristalle (diese bis zu einer Länge von fast 9 Pariser Linien = 19 mm) durch Dampferhalationen auf Spalten gleichzeitig gebildet. Am Aetna gehört, wie Sartorius von Waltershausen bemerkt, die Hornblende vorzugsweise den älteren Laven zu. Da das merkwürdige, im westlichen Asien und an mehreren Punkten von Europa weitverbreitete Material, welches Gustav Rose Uralit genannt hat, durch Struktur und Kristallform mit der Hornblende und dem Augit nahe verwandt ist, so mache ich gern hier von neuem auf das erste Vorkommen von Uralitkristallen im neuen Kontinent aufmerksam; es wurden dieselben von Rose in einem Trachytstück erkannt, das ich am Abhange des Tunguragua 3000 Pariser Fuß (970 m) unter dem Gipfel abgeschlagen habe.

Leucit.

Leucite, welche in Europa dem Vesuv, der Rocca-Monfina, dem Albaner Gebirge bei Rom, dem Kaiserstuhl im Breisgau, der Eifel (in der westlichen Umgebung des Laacher Sees in Blöcken, nicht im anstehenden Gestein wie am Burgberge bei Rieden) ausschließlich angehörten, sind bisher noch nirgends in vulkanischen Gebirgen des neuen und dem asiatischen Teile des alten Kontinentes aufgefunden worden. Daß sie sich oft um einen Augitkristall bilden, hat schon Leopold von Buch im Jahre 1798 aufgefunden und in einer vortrefflichen Abhandlung beschrieben. Der Augitkristall, um welchen nach der Bemerkung dieses großen Geologen der Leucit sich bildet, fehlt selten, scheint mir aber bisweilen durch einen kleinen Kern oder Brocken von Trachyt ersetzt zu sein. Die ungleichen Grade der Schmelzbarkeit zwischen den Kernen und der umgebenden Leucitmasse setzen der Erklärung der Bildungsweise in der Umhüllung einige chemische Schwierigkeiten entgegen. Leucite waren teils lose nach Scacchi, teils mit Lava gemengt in neuen Ausbrüchen des Vesuvs von 1822, 1828, 1832, 1845 und 1847 überaus häufig.

Olivin.

Da Olivin in den alten Laven des Vesuvs [231] (besonders in den Leucitophyren der Somma), in dem Arso von Ischia, dem Ausbruch von 1301, gemengt mit glasigem Feldspat, braunem Glimmer, grünem Augit und Magneteisen, in den Lavaströme entsendenden Vulkanen der Eifel (z. B. im Mosenberge westlich von Manderscheid) und im südöstlichen Teile von Tenerifa in dem Lavaanbruch von Guimar im Jahre 1704 sehr häufig ist, so habe ich in den Trachyten der Vulkane von Mexiko, Neugranada und Quito sehr eifrig aber vergebens danach gesucht. Unsere Berliner Sammlungen enthalten allein von den vier Vulkanen Tunguragua, Antisana, Chimborazo und Pichincha 68 Trachytstücke, deren 48 von mir und 20 von Boussingault mitgebracht sind. [232] In den Basaltformationen der Neuen Welt ist Olivin neben Augit ebenso häufig als in Europa; aber die schwarzen, basaltartigen Trachyte vom Yana-Urcu bei Calpi am Fuße des Chimborazo, sowie die rätselhaften, welche man la reventazon del volcan de Ansango nennt, enthalten keinen Olivin. Nur in dem großen braunschwarzen Lavastrom mit krauser, schlackiger,

blumenkohlartig aufgeschwollener Oberfläche, dem folgend wir in den Krater des Vulkans von Jorullo gelangten, fanden wir kleine Olivinkörper eingewachsen.[233] Die so allgemeine Seltenheit des Olivins in den neueren Laven und dem größten Teile der Trachyte erscheint minder auffallend, wenn man sich erinnert, daß, so wesentlich auch Olivin für die Basaltmasse zu sein scheint, doch (nach Krug von Nidda und Sartorius von Waltershausen) in Island und im deutschen Rhöngebirge der olivinfreie Basalt nicht von dem olivinreichen zu unterscheiden ist. Den ersteren ist man gewohnt von alter Zeit her Trapp und Wacke, seit neuerer Zeit Anemasit zu nennen. Olivine, bisweilen kopfgroß in den Basalten von Rentières in der Auvergne, erlangen auch in den Unkler Steinbrüchen, welche der Gegenstand meiner ersten Jugendarbeiten gewesen sind, bis 6 Zoll (16 cm) Durchmesser. Der schöne, oft verschliffene Hypersthenfels von Elfdalen in Schweden, ein körniges Gemenge von Hypersthen und Labrador, das Berzelius als Syenit beschrieben hat, enthält auch Olivin wie (noch seltener) im Cantal der Phonolith des Pic de Griou.[234] Wenn nach Stromeyer Nickel ein sehr konstanter Begleiter des Olivins ist, so hat Rumler darin Arsenik entdeckt, ein Metall, das in der neuesten Zeit weit verbreitet in so vielen Mineralquellen und selbst im Meerwasser gefunden worden ist. Des Vorkommens der Olivine in Meteorsteinen und künstlichen, von Seffström untersuchten Schlacken, habe ich schon früher gedacht.

Obsidian.

Schon als ich mich im Frühjahr und Sommer 1799 in Spanien zu der Reise nach den Kanarischen Inseln rüstete, herrschte bei den Mineralogen in Madrid, Hergen, Don José Clavijo und anderen, allgemein die Meinung von der alleinigen Bildung des Bimssteins aus Obsidian. Das Studium herrlicher geognostischer Sammlungen von dem Pik von Tenerifa wie die Vergleichung mit den Erscheinungen, welche Ungarn darbietet, hatten diese Meinung begründet, obgleich die letzteren damals meist nach den neptunistischen Ansichten aus der Freiberger Schule gedeutet vorgetragen worden waren. Die Zweifel über die große Einseitigkeit dieser Bildungstheorie, welche sehr früh meine eigenen Beobachtungen auf den Kanarischen Inseln, in den Kordilleren von Quito und in der Reihe mexikanischer Vulkane in mir erregten, trieben mich an, meine ernsteste Auf-

merksamkeit auf zwei Gruppen von Thatsachen zu richten: auf die Verschiedenheit der Einschlüsse der Obsidiane und Bimssteine im allgemeinen, und auf die Häufigkeit der Association oder gänzliche Trennung derselben in wohluntersuchten, thätigen Vulkangerüsten. Meine Tagebücher sind mit Angaben über diesen Gegenstand angefüllt, und die spezifische Bestimmung der eingewachsenen Mineralien ist durch die vielfachsten und neuesten Untersuchungen meines immer bereitwilligen und wohlwollenden Freundes (Gustav Rose) gesichert worden.

In Obsidian wie in Bimsstein kommen sowohl glasiger Feldspat als Oligoklas, oft beide zugleich vor. Als Beispiele sind anzuführen die mexikanischen Obsidiane, von dem Cerro de las Navajas am östlichen Abfall des Jacal von mir gesammelt, die von Chico mit vielen Glimmerkristallen, die von Zimapan in SSW der Hauptstadt Mexiko, mit deutlichen kleinen Quarzkristallen gemengt, die Bimssteine vom Rio Mayo (auf dem Gebirgswege von Popayan nach Pasto), wie vom ausgebrannten Vulkan von Sorata bei Popayan. Die unterirdischen Bimssteinbrüche unfern Llactacunga enthalten vielen Glimmer, Oligoklas und, was in Bimsstein und Obsidian sehr selten ist, auch Hornblende, doch ist die letzte auch im Bimsstein des Vulkans von Arequipa gesehen worden. Gemeiner Feldspat (Orthoklas) kommt im Bimsstein nie neben dem Sanidin vor, ebenso fehlen darin die Augite. Die Somma, nicht der Kegel des Vesuvs selbst, enthält Bimsstein, welcher erdige Massen kohlensauren Kalkes einschließt. Von derselben merkwürdigen Abänderung eines kalkartigen Bimssteins ist Pompeji überschüttet.[235] Obsidiane in wirklichen lavaartigen Strömen sind selten; sie gehören fast allein dem Pik von Tenerifa, Lipari und Volcano an.

Gehen wir nun zu der Association von Obsidian und Bimsstein in einem und demselben Vulkan über, so ergeben sich folgende Thatsachen: Pichincha hat große Bimssteinfelder und keinen Obsidian. Der Chimborazo zeigt, wie der Aetna, dessen Trachyte doch eine ganz andere Zusammensetzung haben (sie enthalten Labrador statt Oligoklas), weder Obsidian noch Bimsstein; eben diesen Mangel habe ich bei der Besteigung des Tunguragua bemerkt. Der Vulkan Puracé bei Popayan hat viel Obsidian in seinen Trachyten eingemengt und nie Bimsstein hervorgebracht. Ungeheure Flächen, aus denen der Iliniza, Carguairazo und Altar aufsteigen, sind mit Bims-

stein bedeckt. Die unterirdischen Bimssteinbrüche bei Llactacunga wie die von Huichapa südöstlich von Queretaro, wie die Bimssteinanhäufungen am Rio Mayo, die bei Tschegem im Kaukasus und bei Tollo[236] in Chile, fern von thätigen Vulkangerüsten, scheinen mir zu den Ausbruchphänomenen in der vielfach gespaltenen ebenen Erdfläche zu gehören. Auch ein anderer chilenischer Vulkan, der von Antuco, von welchem Pöppig eine so wissenschaftlich wichtige als sprachlich anmutige Beschreibung gegeben hat, bringt wohl, wie der Vesuv, Asche, klein geriebene Rapilli (Sand) hervor, aber keinen Bimsstein, kein verglastes oder obsidianartiges Gestein. Wir sehen ohne Anwesenheit von Obsidian oder glasigem Feldspat bei sehr verschiedenartiger Zusammensetzung der Trachyte Bimsstein entstehen und nicht entstehen. Bimsstein, wie der geistreiche Darwin bemerkt, fehlt dazu ganz im Archipel des Galapagos. Wir haben schon an einem anderen Orte bemerkt, daß dem mächtigen Vulkan Mauna Loa in den Sandwichinseln, wie den einst Lavaströme ergießenden Vulkanen der Eifel die Aschenkegel fehlen. Obgleich die Insel Java eine Reihe von mehr als 40 Vulkanen zählt, von denen an 23 jetzt thätig sind, so hat Junghuhn doch nur zwei Punkte in dem Vulkan Gunung Guntur, unfern Bandong und dem großen Tenggergebirge auffinden können, wo Obsidianmassen sich gebildet haben. Es scheinen dieselben nicht Veranlassung zur Bimssteinbildung geworden zu sein. Die Sandmeere (Dasar), welche auf 6500 Fuß (2110 m) mittlerer Meereshöhe liegen, sind nicht mit Bimsstein, sondern mit einer Rapillischicht bedeckt, die als obsidianartige, halb verglaste Basaltstücke beschrieben werden. Der nie Bimsstein ausstoßende Vesuvkegel hat am 24. bis 28. Oktober 1822 eine 18 Zoll (48 cm) dicke Schicht sandartiger Aschen, zerriebener Trachytrapilli gegeben, welche nie mit Bimsstein verwechselt worden ist.

Die Höhlungen und Blasenräume des Obsidians, in denen, wahrscheinlich aus Dämpfen niedergeschlagen, sich, z. B. am mexikanischen Cerro del Jacal, Olivinkristalle gebildet haben, enthalten an beiden Hemisphären bisweilen eine andere Art von Einschlüssen, welche auf die Weise ihres Ursprunges und ihrer Bildung zu führen scheinen. Es liegen in den breiteren Thälern dieser langgedehnten, meist sehr regelmäßig parallelen Höhlungen Brocken halbzersetzten, erdigen Trachytes. Verengt sich die Leere schweifartig fort, als hätte sich durch vulkanische Wärme eine gasartige elastische Flüssigkeit in der noch weichen

Masse entwickelt. Diese Erscheinung hatte besonders im Jahre 1805, als Leopold von Buch, Gay Lussac und ich die Thomsonsche Mineraliensammlung in Neapel besuchten, des ersten Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Das Aufblähen der Obsidiane durch Feuer, welches schon im griechischen Altertume der Beobachtung nicht entgangen war,[237] hat gewiß eine ähnliche Gasentwickelung zur Ursache. Obsidiane gehen nach Abich um so leichter durch Schmelzen in zellige, nicht parallelfaserige Bimssteine über, je ärmer sie an Kieselsäure und je reicher sie an Alkalien sind. Ob aber das Anschwellen allein der Verflüchtigung von Kali oder Chlorwasserstoffsäure zuzuschreiben sei, bleibt nach Rammelsbergs Arbeiten sehr ungewiß. Scheinbar ähnliche Phänomene des Aufblähens mögen in obsidian- und sanidinreichen Trachyten, in porösen Basalten und Mandelsteinen, im Pechstein, Turmalin und dem sich entfärbenden dunkelbraunen Feuerstein stoffartig sehr verschiedene Ursachen haben, und eine auf eigene, genaue Versuche gegründete, so lange und vergebens erwartete Forschung ausschließlich über die entweichenden gasartigen Flüssigkeiten würde zu einer unschätzbaren Erweiterung der chemischen Geologie der Vulkane führen, wenn zugleich auf die Einwirkung des Meerwassers in unterseeischen Bildungen und auf die Menge des gekohlten Wasserstoffes der beigemengten organischen Substanzen Rücksicht genommen würde.

Die Thatsachen, welche ich am Ende dieses Abschnittes zusammengestellt habe, die Aufzählung der Vulkane, welche Bimssteine ohne Obsidian, und bei vielem Obsidian keinen Bimsstein hervorbringen, die merkwürdige, nicht konstante, aber sehr verschiedenartige Association des Obsidians und Bimssteins mit gewissen anderen Mineralien haben mich früh schon, während des Aufenthaltes in den Kordilleren von Quito, zu der Ueberzeugung geführt, daß die Bimssteinbildung Folge eines chemischen Prozesses ist, der in Trachyten sehr heterogener Zusammensetzung, ohne notwendig vorhergehende Vermittelung des Obsidians (d. h. ohne Präexistenz desselben in großen Massen), verwirklicht werden kann. Die Bedingungen, unter welchen ein solcher Prozeß großartig gelingt, sind (ich wiederhole es hier!) vielleicht minder in der Stoffverschiedenheit des Materiales als in der Graduation der Wärme, des durch die Tiefe bestimmten Druckes, der Dünnflüssigkeit und der Dauer der Erstarrung gegründet. Die denkwürdigen, wenngleich seltenen Erscheinungen, welche die Isoliertheit riesenhaft großer

unterirdischer Bimssteinbrüche, fern von allen vulkanischen Gerüsten (Kegel- und Glockenbergen), darbietet, leiten mich zugleich zu der Vermutung, daß ein nicht unbeträchtlicher, ja vielleicht dem Volum nach der größere Teil der vulkanischen Gebirgsarten nicht aus aufgestiegenen vulkanischen Gerüsten, sondern aus Spaltennetzen der Erdoberfläche ausgebrochen ist und oft viele Quadratmeilen schichtenweise bedeckt hat. Zu diesen gehören wohl auch die alten Trappmassen der untersilurischen Formation des südwestlichen Englands, durch deren genaue chronometrische Bestimmung mein edler Freund, Sir Roderick Murchison, unsere Kenntnis von der geologischen Konstruktion des Erdkörpers auf eine so umfassende Weise erweitert und erhöht hat.

Anmerkungen.

[1] (S. 154.) Die strenge Kritik, welcher Herr Mallet meine frühere Arbeit in seinen sehr schätzbaren Abhandlungen unterworfen hat, ist von mir mehrfach benutzt worden.

[2] (S. 155.) Ich folge der statistischen Angabe, die mir der Corregidor von Tacunga 1802 mitteilte. Sie erhob sich zu einem Verlust von 30 000 zu 34 000 Menschen, aber einige 20 Jahre später wurde die Zahl der unmittelbar getöteten um 1/3 vermindert.

[3] (S. 156.) Zweifel über die Wirkung auf das geschmolzene „subjacent fluid confined into internal *lakes*“ hat Hopkins geäußert in Meeting of the British Assoc. in 1847, p. 57; wie über the subterraneous lava tidal wave, moving the solid crust above it, Mallet im Meeting in 1850, p. 20. Auch Poisson, mit dem ich mehrmals über die Hypothese der unterirdischen Ebbe und Flut durch Mond und Sonne gesprochen, hielt den Impuls, den er nicht leugnete, für unbedeutend: „da im freien Meere die Wirkung kaum 14 Zoll betrage“. Dagegen sagte Ampère: Ceux qui admettent la liquidité du noyau intérieur de la terre, paraissent ne pas avoir songé assez à l'action qu'exercerait la lune sur cette énorme masse liquide: action d'où résulteraient des marées analogues à celles de nos mers, mais bien autrement terribles, tant par leur étendue que par la densité du liquide. Il est difficile de concevoir, comment l'enveloppe de la terre pourrait résister, étant incessamment battue par une espèce de bélier hydraulique (?) de 1400 lieues de longueur. Ist das Erdinnere flüssig, wie im allgemeinen nicht zu bezweifeln ist, da trotz des ungeheuren Druckes die Teilchen doch verschiebbar bleiben, so sind in dem Erdinneren dieselben Bedingungen enthalten, welche an der Erdoberfläche die Flut des Weltmeeres erzeugen, und es wird die fluterregende Kraft in größerer Nähe beim Mittelpunkt immer schwächer werden, da der Unterschied der Entfernungen von je zwei entgegengesetzt liegenden Punkten, in ihrer Relation zu den anziehenden Gestirnen betrachtet, in größerer Tiefe unter der Oberfläche immer kleiner wird, die Kraft aber allein von dem Unterschiede der Entfernungen abhängt. Wenn die feste Erdrinde diesem Bestreben einen Widerstand entgegensetzt,

so wird das Erdinnere an diesen Stellen nur einen Druck gegen die Erdrinde ausüben; es wird (wie mein astronomischer Freund Dr. Brünnow sich ausdrückt) so wenig Flut entstehen, als wenn das Weltmeer eine unzersprengbare Eisdecke hätte. Die Dicke der festen, ungeschmolzenen Erdrinde wird berechnet nach dem Schmelzpunkt der Gebirgsarten und dem Gesetze der Wärmezunahme von der Oberfläche der Erde in die Tiefe. Ich habe bereits oben die Vermutung gerechtfertigt, daß etwas über fünf geogr. Meilen (5⁴/₁₀) unter der Oberfläche eine Granit schmelzende Glühhitze herrsche. Fast dieselbe Zahl (45 000 m = 6 geogr. Meilen, zu 7419 m) nannte Elie de Beaumont für die Dicke der starren Erdrinde. Auch nach den sinnreichen, für die Fortschritte der Geologie so wichtigen Schmelzversuchen verschiedener Mineralien von Bischof fällt die Dicke der ungeschmolzenen Erdschichten zwischen 115 000 und 128 000 Fuß, im Mittel zu 5½ geogr. Meilen (39,5 km). Um so auffallender ist es mir, zu finden, daß bei der Annahme einer bestimmten Grenze zwischen dem Festen und Geschmolzenen, nicht eines allmählichen Ueberganges, Herr Hopkins, nach Grundsätzen seiner spekulativen Geologie, das Resultat aufstellt: the thickness of the solid shell cannot be less than about one fourth or one fifth (?) of the radius of its external surface (Meeting of the British Assoc. held at Oxford in 1847, p. 51). Cordiers früheste Annahme war doch nur 14 geogr. Meilen (104 km) ohne Korrektion, welche von dem mit der großen Tiefe zunehmenden Druck der Schichten und der hypsometrischen Gestalt der Oberfläche abhängig ist. Die Dicke des starren Teiles der Erdrinde ist wahrscheinlich sehr ungleich.

[4] (S. 156.) Gay-Lussac, welcher mit Leopold von Buch und mir den großen Lavaausbruch des Vesuvs im September 1805 beobachtete, hat das Verdienst gehabt, die chemischen Hypothesen einer strengen Kritik zu unterwerfen. Er sucht die Ursache der vulkanischen Erscheinungen in einer affinité très énergique et non encore satisfaite entre les substances, à laquelle un contact fortuit leur permettait d'obéir; er begünstigt im ganzen die aufgegebene Davysche und Ampèresche Hypothese: en supposant que les radicaux de la silice, de l'alumine, de la chaux et du fer soient unis au chlore dans l'intérieur de la terre; auch das Eindringen des Meerwassers ist ihm nicht unwahrscheinlich unter gewissen Bedingungen. Vergl. über die Schwierigkeit einer Theorie, die sich auf das Eindringen des Wassers gründet, Hopkins im Meeting of 1847, p. 38.

[5] (S. 156.) In den südamerikanischen Vulkanen fehlt unter den ausgestoßenen Dämpfen, nach den schönen Analysen von Boussingault an 5 Kraterrändern (Tolima, Puracé, Pasto, Tuquerres und Cumbal), Chlorwasserstoffsäure gänzlich, nicht aber an den italienischen Vulkanen.

[6] (S. 156.) Indem Davy auf das bestimmteste die Meinung

aufgab, daß die vulkanischen Ausbrüche eine Folge der Berührung der metalloidischen Basen durch Luft und Wasser seien, erklärt er doch, es könne das Dasein von oxydierbaren Metalloiden im Inneren der Erde eine mitwirkende Ursache in den schon begonnenen vulkanischen Prozessen sein.

[7] (S. 157.) „J'attribue," sagt Boussingault, „la plupart des tremblements de terre dans la Cordillère des Andes à des éboulements qui ont lieu dans l'intérieur de ces montagnes par le tassement qui s'opère et qui est une conséquence de leur soulèvement. Le massif qui constitue ces cimes gigantesques, n'a pas été soulevé à l'état pâteux; le soulevement n'a eu lieu qu'après la solidification des roches. J'admets par conséquent que le relief des Andes se compose de fragments de toutes dimensions, entassés les uns sur les autres. La consolidation des fragments n'a pu être tellement stable dès le principe qu'il n'y ait des mouvements intérieurs dans les masses fragmentaires." In der Beschreibung seiner denkwürdigen Besteigung des Chimborazo heißt es wieder: „Comme le Cotopaxi, l'Antisana, le Tunguragua et en général les volcans qui hérissent les plateaux des Andes, la masse du Chimborazo est formée par l'accumulation de débris trachitiques, amoncelés sans aucun ordre. Ces fragments, d'un volume souvent énorme, ont été soulevés à l'état solide par des fluides élastiques qui se sont fait jour sur les points de moindre résistance; leurs angles sont toujours tranchants." Die hier bezeichnete Ursache der Erdbeben ist die, welche Hopkins in seiner „analytischen Theorie der vulkanischen Erscheinungen" a shock produced by the falling of the roof of a subterranean cavity nennt. [Ueber die ersten Ursachen der Erdbeben herrscht auch heute noch keine Einigkeit unter den Geologen. Jedenfalls sind verschiedene Arten von Erdbeben zu unterscheiden. Je nach der Ursache nimmt die neuere Wissenschaft mit Rudolf Hörnes drei Arten von Erdbeben an: 1) Einsturzerdbeben; sie entstehen durch Einbruch unterirdischer Hohlräume, welche durch Auswaschung und Lösung, namentlich in Steinsalz und Gips führenden Schichten sowie in Kalkterrains gebildet werden. 2) Vulkanische Erdbeben dagegen sind durch hochgespannte Dämpfe in der Nähe von Feuerbergen verursacht und erreichen mit dem Ausschleudern der Kraterverstopfung (alter erstarrter Lava) ihr Ende. Das Centrum ist der Krater selbst, von welchem die Stoffe radienförmig ausgehen. Beide Arten von Erdbeben sind lokaler Natur. Tektonische oder Dislokationserdbeben, so genannt, weil sie durch Dislokationen in der festen Erdrinde oder durch Aenderungen in den tektonischen Verhältnissen der Gebirge bedingt erscheinen, die mit den vulkanischen Erscheinungen im engeren Sinne nichts gemeinschaftlich haben. Zu dieser Kategorie aber gehören gerade die häufigsten, furchtbarsten und verheerendsten Erdbeben. Ihnen sind mehr oder weniger alle Gebirgsgegenden,

namentlich aber die Kettengebirge, und diese wieder hauptsächlich an ihren gegen das Meer oder gegen beckenförmige Einsenkungen gerichteten Abdachungen unterworfen. Man nennt solche Gebiete der Erdrinde, wo diese Erdbeben häufig sind, Erschütterungsbezirke oder kurz Schüttergebiete. — D. Herausg.]

[8] (S. 157.) Alles, was wir von den Erschütterungswellen und Schwingungen in festen Körpern wissen, zeigt das Unhaltbare älterer Theorieen über die durch eine Reihung von Höhlen erleichterte Fortpflanzung der Bewegung. Höhlen können nur auf sekundäre Weise bei dem Erdbeben wirken, als Räume für Anhäufung von Dämpfen und verdichteten Gasarten. „La terre, vieille de tant de siècle," sagt Gay-Lussac sehr schön, „conserve encore une force intestine, qui élève des montagnes (dans la croûte oxydée), renverse des cités et agite la masse entière. La plupart des montagnes, en sortant du sein de la terre, ont dû y laisser de vastes cavités, qui sont restées vides, à moins qu'elles n'aient été remplies par l'eau (et des fluides gazeux). C'est bien à tort que Deluc et beaucoup de Géologues se servent de ces vides, qu'ils s'imaginent se prolonger en longues galeries, pour propager au loin les tremblements de terre. Ces phénomènes si grands et si terribles sont de très fortes ondes sonores, excitées dans la masse solide de la terre par une commotion quelconque, qui s'y propage avec la même vitesse que le son s'y propagerait. Le mouvement d'une voiture sur le pavé ébranle les plus vastes édifices, et se communique à travers des masses considérables, comme dans les carrières profondes au-dessous de Paris."

[9] (S. 157.) Die Moyakegel sind 19 Jahre nach mir noch von Boussingault gesehen worden. „Des éruptions boueuses, suite du tremblement de terre, comme les éruptions de la *Moya* de Pelileo, qui ont enseveli des villages entiers."

[10] (S. 158.) Als ein merkwürdiges Beispiel von der Schließung einer Spalte ist anzuführen, daß bei dem berühmten Erdbeben (Sommer 1851) in der neapolitanischen Provinz Basilicata in Barile bei Melfi eine Henne mit beiden Füßen im Straßenpflaster eingeklemmt gefunden wurde, nach dem Berichte von Scacchi.

[11] (S. 159.) Daß die durch Erdbeben entstehenden Spalten sehr lehrreich für die Gangbildung und das Phänomen des Verwerfens sind, indem der neuere Gang den älterer Formation verschiebt, hat Hopkins sehr richtig theoretisch entwickelt. Lange aber vor dem verdienstvollen Phillips hat Werner die Altersverhältnisse des verwerfenden, durchsetzenden Ganges zu dem verworfenen, durchsetzten, in seiner Theorie der Gänge (1791) gezeigt.

[12] (S. 160.) Auch in einem Bohrloche bei Sassendorf in Westfalen (Regierungsbezirk Arnsberg) nahm, infolge des sich weit erstreckenden Erdbebens vom 29. Juli 1846, dessen Erschütterungs-

centrum man nach St. Goar am Rhein verlegt, die Salzsole, sehr genau geprüft, um 1½ Prozent an Gehalt zu: wahrscheinlich, weil sich andere Zuleitungsklüfte geöffnet hatten. Bei dem Schweizer Erdbeben vom 25. August 1851 stieg nach Charpentiers Bemerkung die Temperatur der Schwefelquelle von Lavey (oberhalb St. Maurice am Rhoneufer) von 31° auf 36,3°.

[13] (S. 160.) Zu Schemacha (Höhe 2245 Fuß = 696 km), einer der vielen meteorologischen Stationen, die unter Abichs Leitung der Fürst Woronzow im Kaukasus hat gründen lassen, wurden 1848 allein 18 Erdbeben von dem Beobachter in dem Journale verzeichnet.

[14] (S. 161.) S. Asie centrale T. I, p. 324—329 und T. II, p. 108—120; und besonders meine Carte des Montagnes et Volcans de l'Asie, verglichen mit den geognostischen Karten des Kaukasus und Hochlandes von Armenien von Abich, wie mit der Karte von Kleinasien (Argäus) von Peter Tschichatschew, 1853. „Du Tourfan, situé sur la pente méridionale du Thian-chan, jusqu'à l'Archipel des Azores (heißt es in der Asie centrale) il y a 120° de longitude. C'est vraisemblablement la *bande de réactions volcaniques* la plus longue et la plus régulière, oscillant faiblement entre 38° et 40° de latitude, qui existe sur la terre; elle surpasse de beaucoup en étendue la bande volcanique de la Cordillère des Andes dans l'Amérique méridionale. J'insiste d'autant plus sur ce singulier *alignement* d'arêtes, de soulèvements, de crevasses et de propagations de commotions, qui comprend un tiers de la circonférence d'un *parallèle à l'équateur*, que de petits accidents de la surface, l'inégale hauteur et la largeur des rides ou soulèvements linéaires, comme l'interruption causée par les bassins des mers (concavité Aralo-Caspienne, Méditerranée et Atlantique) tendent à masquer les grands traits de la constitution géologique du globe. (Cet aperçu hazardé d'une ligne de commotion régulièrement prolongée n'exclut aucunement d'autres lignes selon lesquelles les mouvements peuvent se propager également.)“ Da die Stadt Khotan und die Gegend südlich vom Tian-schan die berühmtesten und ältesten Sitze des Buddhismus gewesen sind, so hat sich die buddhistische Litteratur auch schon früh und ernst mit den Ursachen der Erdbeben beschäftigt. Es werden von den Anhängern des Sâkhyamuni 8 dieser Ursachen angegeben, unter welchen ein gedrehtes stählernes, mit Reliquien, (sarîra, im Sanskrit Leib bedeutend) behangenes Rad eine Hauptrolle spielt; — die mechanische Erklärung einer dynamischen Erscheinung, kaum alberner als manche unserer spät veralteten geologischen und magnetischen Mythen! Geistliche, besonders Bettelmönche (Bhikchous), haben nach einem Zusatze von Klaproth auch die Macht, die Erde erzittern zu machen und das unterirdische Rad in Bewegung zu setzen. Die Reisen des Fa-Hian, des Verfassers des Foe-koue-ki, sind aus dem Anfang des 5. Jahrhunderts.

[15] (S. 162.) Scharfsinnige theoretische Betrachtungen von Mallet über Schallwellen durch die Erde und Schallwellen durch die Luft finden sich im Meeting of the British Assoc. in 1850, p. 41—46 und im Admiralty Manual 1849, p. 201 und 217. Die Tiere, welche in der Tropengegend nach meiner Erfahrung früher als der Mensch von den leisesten Erderschütterungen beunruhigt werden, sind: Hühner, Schweine, Hunde, Esel und Krokodile (Caymanes), welche letztere plötzlich den Boden der Flüsse verlassen.

[16] (S. 163.) Mit der Geschwindigkeit des Lissaboner Erdbebens, wie sie im Text angegeben ist, würde der Aequatorialumfang der Erde in ungefähr 45 Stunden umgangen werden. Michell fand für dasselbe Erdbeben vom 1. November 1755 nur 50 englische miles (80,4 km) in der Minute: d. i. statt 7464 (2424 m) nur 4170 Pariser Fuß (1354 m) in der Sekunde. Ungenauigkeit der älteren Beobachtungen und Verschiedenheit der Fortpflanzungswege mögen hier zugleich wirken. — Ueber den Zusammenhang des Neptun mit dem Erdbeben, auf welchen ich im Texte angespielt habe, wirft eine Stelle des Proklus im Kommentar zu Platos Cratylus ein merkwürdiges Licht. „Der mittlere unter den drei Göttern, Poseidon, ist für alles, selbst für das Unbewegliche, Ursache der Bewegung. Als Urheber der Bewegung heißt er Ἐννοσίγαιος; und ihm ist unter denen, welche um das Kronische Reich gelost, das mittlere Los, und zwar das leicht bewegliche Meer, zugefallen." Da die Atlantis des Solon und das ihr nach meiner Vermutung verwandte Lyktonien geologische Mythen sind, so werden beide durch Erdbeben zertrümmerte Länder als unter der Herrschaft des Neptun stehend betrachtet und den Saturnischen Kontinenten entgegengesetzt. Neptun war nach Herodot eine libysche Gottheit, und in Aegypten unbekannt. Ueber diese Verhältnisse, das Verschwinden des libyschen Tritonsees durch Erdbeben und die Meinung von der großen Seltenheit der Erderschütterungen im Nilthal, vergl. mein Examen crit. de l'histoire de la Géographie T. I, p. 171 und 179.

[17] (S. 165.) Die Explosionen des Sangay oder Volcan de Macas erfolgten im Mittel alle 13,4". Als Beispiel von Erschütterungen, welche auf den kleinsten Raum eingeschränkt sind, hätte ich auch noch den Bericht des Grafen Larderel über die Lagoni in Toscana anführen können. Die Bor oder Borsäure enthaltenden Dämpfe verkündigen ihr Dasein und ihren nahen Ausbruch auf Spalten dadurch, daß sie das Gestein umher erschüttern.

[18] (S. 165.) Ich freue mich, zur Bestätigung dessen, was ich im Texte zu entwickeln versucht habe, eine wichtige Autorität anführen zu können. „Dans les Andes, l'oscillation du sol, due à une éruption des Volcans, est pour ainsi dire locale, tandis qu'un tremblement de terre, qui en apparence du moins n'est lié à aucune éruption volcanique, se propage à des distances

ncroyables. Dans ce cas on a rémarqué que les secousses suivaient de préférence la direction des chaînes de montagnes, et se sont principalement ressenties dans les terrains alpins. La fréquence des mouvements dans le sol des Andes, et le peu de coincidence que l'on remarque entre ces mouvements et les éruptions volcaniques, doivent nécessairement faire présumer qu'ils sont, *dans le plus grand nombre de cas,* occasionnés par une cause *indépendante des volcans.*" (Boussingault.)

[19] (S. 166.) Die Folge der großen Naturbegebenheiten 1796 bis 1797, 1811 und 1812 war diese:

27. September 1796. Ausbruch des Vulkanes der Insel Guadalupe in den kleinen Antillen, nach vieljähriger Ruhe.

November 1796. Der Vulkan auf der Hochebene Pasto zwischen den kleinen Flüssen Guaytara und Juanambu entzündet sich und fängt an bleibend zu rauchen.

14. Dezember 1796. Erdbeben und Zerstörung der Stadt Cumana.

4. Februar 1797. Erdbeben und Zerstörung von Riobamba. An demselben Morgen verschwand plötzlich, ohne wieder zu erscheinen, in wenigstens 48 geogr. Meilen (350 km) Entfernung von Riobamba, die Rauchsäule des Vulkanes von Pasto, um welchen umher keine Erderschütterung gefühlt wurde.

---

30. Januar 1811. Erste Erscheinung der Insel Sabrina in der Gruppe der Azoren, bei der Insel San Miguel. Die Hebung ging, wie bei der der kleinen Kameni (Santorin) und der des Vulkanes von Jorullo, dem Feuerausbruch voraus. Nach einer sechstägigen Schlackeneruption stieg die Insel bis zu 300 Fuß (97 m) über dem Spiegel des Meeres empor. Es war das dritte Erscheinen und Wiederversinken der Insel nach Zwischenräumen von 91 und 92 Jahren, nahe an demselben Punkte.

Mai 1811. Ueber 200 Erdstöße auf der Insel S. Vincent bis April 1812.

Dezember 1811. Zahllose Erdstöße in den Flußthälern des Ohio, Mississippi und Arkansas bis 1813. Zwischen Neumadrid, Little Prairie und la Saline nördlich von Cincinnati treten mehrere Monate lang die Erdbeben fast zu jeder Stunde ein.

Dezember 1811. Ein einzelner Erdstoß in Caracas.

26. März 1812. Erdbeben und Zerstörung der Stadt Caracas. Der Erschütterungskreis erstreckte sich über Santa Marta, die Stadt Honda und das hohe Plateau von Bogota in 135 Meilen (950 km) Entfernung von Caracas. Die Bewegung dauerte fort bis zur Mitte des Jahres 1813.

30. April 1812. Ausbruch des Vulkanes von S. Vincent; und desselben Tages um 2 Uhr morgens wurde ein furchtbares unterirdisches Geräusch wie Kanonendonner in gleicher Stärke an

den Küsten von Caracas, in den Llanos von Calabozo und des Rio Apure, ohne von einer Erderschütterung begleitet zu sein, zugleich vernommen (s. oben S. 162). Das unterirdische Getöse wurde auf auch der Insel S. Vincent gehört, aber, was sehr merkwürdig ist, stärker in einiger Entfernung auf dem Meere.

[20] (S. 167.) Um zwischen den Wendekreisen die Temperatur der Quellen, wo sie unmittelbar aus den Erdschichten hervorbrechen, mit der Temperatur großer, in offenen Kanälen strömender Flüsse vergleichen zu können, stelle ich hier aus meinen Tagebüchern folgende Mittelzahlen zusammen:

Rio Apure, Br. 7¾°; Temperatur 27,2°;

Orinoko zwischen 4° und 8° Breite: 27,5° bis 29,6°;

Quellen im Walde bei dem Katarakt von Maypures, aus Granit ausbrechend; 27,8°;

Cassiquiare, der Arm des oberen Orinoko, welcher die Verbindung mit dem Amazonenstrom bildet; nur 24,3°;

Rio Negro oberhalb San Carlos (kaum 1° 53′ nördlich vom Aequator); nur 23,8°;

Rio Atabapo; 26,2° (Br. 3° 50′);

Orinoko nahe bei dem Eintritt des Atabapo; 27,8°;

Rio grande de la Magdalena (Br. 5° 12′ bis 9° 56′); Temperatur 26,6°;

Amazonenfluß, südl. Br. 5° 31′, dem Pongo von Rentema gegenüber (Provincia de Jaen de Bracamoros), kaum 1200 Fuß (390 m) über der Südsee; nur 22,5°.

Die große Wassermasse des Orinoko nähert sich also der mittleren Lufttemperatur der Umgegend. Bei großen Ueberschwemmungen der Savannen erwärmen sich die gelbbraunen, nach Schwefelwasserstoff riechenden Wasser bis 33,8°; so habe ich die Temperatur in dem mit Krokodilen angefüllten Lagartero östlich von Guayaquil gefunden. Der Boden erhitzt sich dort, wie in seichten Flüssen, durch die in ihm von den einfallenden Sonnenstrahlen erzeugte Wärme. Ueber die mannigfaltigen Ursachen der geringeren Temperatur des im Lichtrefler kaffeebraunen Wassers des Rio Negro, wie der weißen Wasser des Cassiquiare (stets bedeckter Himmel, Regenmenge, Ausdünstung der dichten Waldungen, Mangel heißer Sandstrecken an den Ufern) s. meine Flußschiffahrt in der Relat. hist. T. II. p. 463 und 509. Im Rio Guancabamba oder Chamaya, welcher nahe bei dem Pongo de Rentema in den Amazonenfluß fällt, habe ich die Temperatur gar nur 19,8° gefunden, da seine Wasser mit ungeheurer Schnelligkeit aus dem hohen See Simicocha von der Kordillere herabkommen. Auf meiner 52 Tage langen Flußfahrt aufwärts den Magdalenenstrom von Mahates bis Honda habe ich durch mehrfache Beobachtungen deutlichst erkannt, daß ein Steigen des Wasserspiegels stundenlang durch eine Erniedrigung der Flußtemperatur sich vorherverkündigt. Die Erkältung des Stromes tritt früher ein, als die kalten Berg-

wasser aus den der Quelle nahen Paramos herabkommen. Wärme und Wasser bewegen sich, sozusagen, in entgegengesetzter Richtung und mit sehr ungleicher Geschwindigkeit. Als bei Badillas die Wasser plötzlich stiegen, sank lange vorher die Temperatur von 27° auf 23,5°. Da bei Nacht, wenn man auf einer niedrigen Sandinsel oder am Ufer mit allem Gepäck gelagert ist, ein schnelles Wachsen des Flusses Gefahr bringen kann, so ist das Auffinden eines Vorzeichens des nahen Flußsteigens (der avenida) von einiger Wichtigkeit. — Ich glaube in diesem Abschnitte von den Thermalquellen aufs neue daran erinnern zu müssen, daß in diesem Werke vom Kosmos, wo nicht das Gegenteil bestimmt ausgedrückt ist, die Thermometergrade immer auf die hundertteilige Skale zu beziehen sind.

[21] (S. 168.) De Gasparin teilt Europa in Rücksicht auf die Frequenz der Sommer- und Herbstregen in zwei sehr kontrastierende Regionen. Nach Dove fallen in Italien „an Orten, denen nördlich eine Gebirgskette liegt, die Maxima der Kurven der monatlichen Regenmengen auf März und November; und da, wo das Gebirge südlich liegt, auf April und Oktober." Die Gesamtheit der Regenverhältnisse der gemäßigten Zone kann unter folgenden allgemeinen Gesichtspunkt zusammengefaßt werden: „Die Winterregenzeit in den Grenzen der Tropen tritt, je weiter wir uns von diesen entfernen, immer mehr in zwei, durch schwächere Niederschläge verbundene Maxima auseinander, welche in Deutschland in einem Sommermaximum wieder zusammenfallen: wo also temporäre Regenlosigkeit vollkommen aufhört."

[22] (S. 171.) Bergwerk auf der großen Fleuß im Mollthale der Tauern.

[23] (S. 175.) Ich weiche hier von der Meinung eines mir sehr befreundeten und um die tellurische Wärmeverteilung höchst verdienten Physikers, Bischof, ab.

[24] (S. 175.) „Est autem," sagt der heil. Patricius, „et supra firmamentum caeli, et *subter* terram ignis atque aqua; et quae supra terram est aqua, coacta in unum, appellationem marium: quae vero infra, abyssorum suscepit; ex quibus ad generis humani usus in terram velut siphones quidam emittuntur et scaturiunt. Ex iisdem quoque et thermae exsistunt: quarum quae ab igne absunt longius, provida boni Dei erga nos mente, *frigidiores;* quae vero *propius* admodum, *ferventes* fluunt. In quibusdam etiam locis et tepidae aquae reperiuntur, prout majore ab igne intervallo sunt disjunctae." So lauten die Worte in der Sammlung: Acta primorum Martyrum, opera et studio Theodorici Ruinart, ed. 2, Amstelaedami 1713, fol., p. 555. Nach einem Berichte entwickelte der heil. Patricius vor dem Julius Consularis ungefähr dieselbe Theorie der Erdwärme; aber an dem Ende der Rede ist die kalte Hölle deutlicher bezeichnet: „Nam quae longius ab igne subterraneo

absunt, Dei optimi providentia, frigidiores erumpunt. At quae propiores igni sunt, ab eo fervefactae, intolerabili calore praeditae promuntur foras. Sunt et alicubi tepidae, quippe non parum sed longiuscule ab eo igne remotae. Atqui ille infernus ignis impiarum est animarum carnificina; non secus ac subterraneus frigidissimus gurges, in glaciei glebas concretus, qui Tartarus nuncupatur.“ — Der arabische Name hammàm el-enf bedeutet: Nasenbäder und ist, wie schon Temple bemerkt hat, von der Gestalt eines benachbarten Vorgebirges hergenommen, nicht von einer günstigen Einwirkung, welche dieses Thermalwasser auf Krankheiten der Nase ausübte. Der arabische Name ist von den Berichterstattern mannigfach gewandelt worden: hammam l'Enf oder Lif, Emmamelif (Peyssonel), la Mamelif (Desfontaines).

[25] (S. 176.) Die heißen Quellen von Karlsbad verdanken ihren Ursprung auch dem Granit; ganz wie die von Joseph Hooker besuchten heißen Quellen von Momay in Tibet, die 15 000 Fuß (4870 m) hoch über dem Meere mit 46° Wärme ausbrechen, nahe bei Changokhang.

[26] (S. 178.) Schon Lottin und Robert hatten ergründet, daß die Temperatur des Wasserstrahles im Geisir von unten nach oben abnehme. Unter den 40 kieselhaltigen Sprudelquellen, welche dem großen Geisir nahe liegen, führt eine den Namen des kleinen Geisirs. Ihr Wasserstrahl erhebt sich nur zu 20 bis 30 Fuß (6,5 bis 10 m). Das Wort Kochbrunnen ist dem Worte Geysir nachgebildet, das mit dem isländischen giosa (kochen) zusammenhängen soll. Auch auf dem Hochlande von Tibet findet sich nach dem Bericht von Csoma de Körös bei dem Alpensee Mapham ein Geisir, welcher 12 Fuß (4 m) hoch speit. [Das großartigste Geisirgebiet der Erde, welches jedoch, weil erst 1871 bis 1872 entdeckt, Humboldt ebenso unbekannt geblieben ist, wie jenes andere auf Neuseeland, ist der Yellowstone Nationalpark im nordamerikanischen Territorium Montana. Er umfaßt ein Areal von 88,009 km und seine durchschnittliche Erhebung über dem Meeresspiegel beträgt 2130 m, während die Bergketten die ihn durchziehen und umkränzen, bis zu 3350 und 3960 m emporsteigen. Die wundervollste Region ist dort das Thal des oberen Madison-River, dem man den wohlverdienten Namen Firehole, d. h. Feuerloch gegeben hat. Es beherbergt die großartigsten und höchsten Geisir der Welt, gegen welche jene von Island und Neuseeland in den Hintergrund treten müssen. Der höchste führt den Namen „Giantеß". Auch der Shoshone-River mit seinen herrlichen Cañons, Wasserfällen und Stromschnellen durchfließt eine Geisirregion, deren bedeutendster Geisir der „Union" ist. — D. Herausg.]

[27] (S. 178.) In 1000 Teilen findet in den Quellen von Gastein Trommsdorf nur 0,303, Löwig in Pfeffers 0,291, Longchamp in Luxeuil nur 0,236 fixe Bestandteile, wenn dagegen in 1000 Teilen des gemeinen Brunnenwassers in Bern 0,478, im

Karlsbader Sprudel 5,459, in Wiesbaden gar 7,454 gefunden werden.

[28] (S. 178.) „Les eaux chaudes qui sourdent du *granite* de la Cordillère de littoral (de Vénézuela), sont *presque pures;* elles ne renferment qu'une petite quantité de *silice* en dissolution, et du gaz acide hydrosulfurique mêlé d'un peu de *gaz azote.* Leur composition est identique avec celle qui résulterait de l'action de l'eau sur le sulfure de silicium.“ (Annales de Chimie et de Phys. T. LII, 1833, p. 189.)

[29] (S. 179.) Der ausgezeichnete Chemiker Morechini zu Rom hatte den Sauerstoff, welcher in der Quelle von Nocera (2100 Fuß = 682 m über dem Meere liegend) enthalten ist, zu 0,40 angegeben; Gay-Lussac fand die Sauerstoffmenge (26. September 1805) genau nur 0,299. In den Meteorwassern (Regen) hatten wir früher 0,31 Sauerstoff gefunden. — Vergl. über das den Säuerlingen von Neris und Bourbon l'Archambault beigemischte Stickstoffgas die älteren Arbeiten von Anglade und Longchamp (1834), und über Kohlensäure-Exhalationen im allgemeinen Bischofs vortreffliche Untersuchungen in seiner Chem. Geologie Bd. I, S. 243—350.

[30] (S. 179.) In den chemischen Analysen von Mineralquellen, die Schwefelnatrium enthalten, werden oft kohlensaures Natron und Schwefelwasserstoff aufgeführt, indem in denselben Wassern überschüssige Kohlensäure vorhanden ist.

[31] (S. 180.) Die Beispiele veränderter Temperatur in den Thermen von Mariara und las Trincheras leiten auf die Frage: ob das Styx-Wasser, dessen so schwer zugängliche Quelle in dem wilden aroanischen Alpengebirge Arkadiens bei Nonakris, im Stadtgebiete von Pheneos, liegt, durch Veränderung in den unterirdischen Zuleitungsspalten seine schädliche Eigenschaft eingebüßt hat? oder ob die Wasser der Styx nur bisweilen dem Wanderer durch ihre eisige Kälte schädlich gewesen sind? Vielleicht verdanken sie ihren noch auf die jetzigen Bewohner Arkadiens übergegangenen, bösen Ruf nur der schauerlichen Wildheit und Oede der Gegend, wie der Mythe des Ursprunges aus dem Tartarus. Einem jungen kenntnisvollen Philologen, Theodor Schwab, ist vor wenigen Jahren gelungen, mit vieler Anstrengung bis an die Felswand vorzudringen, wo die Quelle herabträufelt, ganz wie Homer, Hesiodus und Herodot sie bezeichnen. Er hat von dem, überaus kalten und dem Geschmack nach sehr reinen, Gebirgswasser getrunken, ohne irgend eine nachteilige Wirkung zu verspüren. Im Altertum wurde behauptet, die Kälte der Styxwasser zersprenge alle Gefäße, nur den Huf des Esels nicht. Die Styxsagen sind gewiß uralt, aber die Nachricht von der giftigen Eigenschaft der Styxquelle scheint sich erst zu den Zeiten des Aristoteles recht verbreitet zu haben. Nach einem Zeugnis des Antigonus aus Carystus soll sie besonders umständlich in einem für uns verloren gegangenen Buche des Theophrastus enthalten gewesen sein. Die verleumderische Fabel von der Ver-

giftung Alexanders durch das Styxwasser, welches Aristoteles dem Kassander durch Antipater habe zukommen lassen, ist von Plutarch und Arrian widerlegt, von Vitruvius, Justin und Quintus Curtius, doch ohne den Stagiriten zu nennen, verbreitet worden. Plinius sagt etwas zweideutig: magna Aristotelis infamia excogitatum. Eine Abbildung des Styxfalles, aus der Ferne gezeichnet, enthält Fiedlers Reise durch Griechenland T. I, S. 400.

[32] (S. 181.) „Des gîtes métallifères très importans, les plus nombreux peut-être, paraissent s'être formés par voie de dissolution, et les filons concrétionnés n'être autre chose que d'immenses canaux plus ou moins obstrués, parcourus autrefois par des eaux thermales incrustantes. La formation d'un grand nombre de minéraux qu'on rencontre dans ces gîtes, ne suppose pas toujours des conditions ou des agens très éloignés des *causes actuelles*. Les deux élémens principaux des sources thermales les plus répandues, les sulfures et les carbonates alcalins, m'ont suffi pour reproduire artificiellement, par des moyens de synthèse très simples, 29 espèces minérales distinctes, presque toutes cristallisées, appartenant aux métaux natifs (argent, cuivre et arsenic natifs); au quartz, au fer oligiste, au fer, nickel, zinc et manganèse carbonatés; au sulfate de baryte, à la pyrite, malachite, pyrite cuivreuse: au cuivre sulfuré, à l'argent rouge, arsenical et antimonial . . . . On se rapproche le plus possible des procédés de la nature, si l'on arrive à reproduire les minéraux dans leurs conditions d'association possible, au moyen des agens chimiques naturels les plus répandus, et en imitant les phénomènes que nous voyons encore se réaliser dans les foyers où la création minérale a concentré les restes de cette activité qu'elle déployait autrefois avec une toute autre énergie.“ H. de Senarmont, Sur la formation des minéraux par la voie humide, in den Annales de Chimie et de Physique: 3ème Série T. XXXII, 1851, p. 234.

[33] (S. 181.) „Um die Abweichungsgröße der mittleren Quellentemperatur von dem Luftmittel zu ergründen, hat Hr. Dr. Edward Hallmann an seinem früheren Wohnorte Marienberg bei Boppard am Rhein die Luftwärme, die Regenmengen und die Wärme von 7 Quellen 5 Jahre lang, vom 1. Dezember 1845 bis 30. November 1850, beobachtet, und auf diese Beobachtungen eine neue Bearbeitung der Temperaturverhältnisse der Quellen gegründet. In dieser Untersuchung sind die Quellen von völlig beständiger Temperatur (die rein geologischen) ausgeschlossen. Gegenstand der Untersuchung sind dagegen alle die Quellen gewesen, die eine Veränderung ihrer Temperatur in der Jahresperiode erleiden.“ „Die veränderlichen Quellen zerfallen in zwei natürliche Gruppen:

1) Rein meteorologische Quellen; d. h. solche, deren Mittel erweislich nicht durch die Erdwärme erhöht ist. Bei diesen Quellen

ist die Abweichungsgröße des Mittels vom Luftmittel abhängig von der Verteilung der Jahresregenmenge auf die 12 Monate. Diese Quellen sind im Mittel kälter als die Luft, wenn der Regenanteil der vier kalten Monate Dezember bis März mehr als 33 1/3 Prozent beträgt; sie sind im Mittel wärmer als die Luft, wenn der Regenanteil der vier warmen Monate Juli bis Oktober mehr als 33 1/3 Prozent beträgt. Die negative oder positive Abweichung des Quellmittels vom Luftmittel ist desto größer, je größer der Regenüberschuß des genannten kalten oder warmen Jahresdrittels ist. Diejenigen Quellen, bei welchen die Abweichung des Mittels vom Luftmittel die gesetzliche, d. h. die größte, kraft der Regenverteilung des Jahres mögliche, ist, werden rein meteorologische Quellen von unentstelltem Mittel genannt; diejenigen aber, bei welchen die Abweichungsgröße des Mittels vom Luftmittel durch störende Einwirkung der Luftwärme in den regenfreien Zeiten verkleinert ist, heißen rein meteorologische Quellen von angenähertem Mittel. Die Annäherung des Mittels an das Luftmittel entsteht entweder infolge der Fassung, besonders einer Leitung, an deren unterem Ende die Wärme der Quelle beobachtet wurde; oder sie ist die Folge eines oberflächlichen Verlaufes und der Magerkeit der Quelladern. In jedem der einzelnen Jahre ist die Abweichungsgröße des Mittels vom Luftmittel bei allen rein meteorologischen Quellen gleichnamig; sie ist aber bei den angenäherten Quellen kleiner als bei den unentstellten, und zwar desto kleiner, je größer die störende Einwirkung der Luftwärme ist. Von den Marienberger Quellen gehören vier der Gruppe der rein meteorologischen an; von diesen vier ist eine in ihrem Mittel unentstellt, die drei übrigen sind in verschiedenen Graden angenähert. Im ersten Beobachtungsjahre herrschte der Regenanteil des kalten Drittels vor, und alle vier Quellen waren in ihrem Mittel kälter als die Luft. In den folgenden vier Beobachtungsjahren herrschte der Regenanteil des warmen Drittels vor, und in jedem derselben waren alle vier Quellen in ihrem Mittel wärmer als die Luft; und zwar war die positive Abweichung des Quellmittels vom Luftmittel desto größer, je größer in einem der vier Jahre der Regenüberschuß des warmen Drittels war."

„Die von Leopold von Buch im Jahre 1825 aufgestellte Ansicht, daß die Abweichungsgröße des Quellmittels vom Luftmittel von der Regenverteilung in der Jahresperiode abhängen müsse, ist durch Hallmann wenigstens für seinen Beobachtungsort Marienberg, im rheinischen Grauwackengebirge, als vollständig richtig erwiesen worden. Nur die rein meteorologischen Quellen von unentstelltem Mittel haben Wert für die wissenschaftliche Klimatologie; diese Quellen werden überall aufzusuchen, und einerseits von den rein meteorologischen mit angenähertem Mittel, andererseits von den meteorologisch-geologischen Quellen zu unterscheiden sein.

2) Meteorologisch-geologische Quellen, d. h. solche, deren Mittel erweislich durch die Erdwärme erhöht ist. Diese Quellen

sind jahraus jahrein, die Regenverteilung mag sein, wie sie wolle, in ihrem Mittel wärmer als die Luft (die Wärmeveränderungen, welche sie im Laufe des Jahres zeigen, werden ihnen durch den Boden, durch den sie fließen, mitgeteilt). Die Größe, um welche das Mittel einer meteorologisch-geologischen Quelle das Luftmittel übertrifft, hängt von der Tiefe ab, bis zu welcher die Meteorwasser in das beständig temperierte Erdinnere hinabgesunken sind, ehe sie als Quelle wieder zum Vorschein kommen; diese Größe hat folglich gar kein klimatologisches Interesse. Der Klimatologe muß aber diese Quellen kennen, damit er sie nicht fälschlich für rein meoteorologische nehme. Auch die meteorologisch-geologischen Quellen können durch eine Fassung oder Leitung dem Luftmittel angenähert sein. — Die Quellen wurden an bestimmten, festen Tagen beobachtet, monatlich 4 bis 5mal. Die Meereshöhe, sowohl des Beobachtungsortes der Luftwärme als die der einzelnen Quellen, ist sorgfältig berücksichtigt worden."

Dr. Hallmann hat nach Beendigung der Bearbeitung seiner Marienberger Beobachtungen den Winter von 1852 bis 1853 in Italien zugebracht, und in den Apenninen neben gewöhnlichen Quellen auch abnorm kalte gefunden. So nennt er „diejenigen Quellen, welche erweislich Kälte aus der Höhe herabbringen. Diese Quellen sind für unterirdische Abflüsse hoch gelegener offener Seen oder unterirdischer Wasseransammlungen zu halten, aus denen das Wasser in Masse sehr rasch in Spalten und Klüften herabstürzt, um am Fuße des Berges oder Gebirgszuges als Quelle hervorzubrechen. Der Begriff der abnorm kalten Quellen ist also dieser: sie sind für die Höhe, in welcher sie hervorkommen, zu kalt, oder, was das Sachverhältnis besser bezeichnet, sie kommen für ihre niedrige Temperatur an einer zu tiefen Stelle des Gebirges hervor." Diese Ansichten, welche in dem 1. Bande von Hallmanns „Temperaturverhältnissen der Quellen" entwickelt sind, hat der Verfasser im 2. Bande, S. 181 bis 183 modifiziert, weil in jeder meteorologischen Quelle, möge sie auch noch so oberflächlich sein, ein Anteil der Erdwärme enthalten ist.

[34] (S. 182.) Humboldt, Asie centr. T. II. p. 58. Ueber die Gründe, welche es mehr als wahrscheinlich machen, daß der Kaukasus, der zu $^5/_7$ seiner Länge zwischen dem Kasbek und Elbrus OSO—WNW im mittleren Parallel von 42° 50′ streicht, die Fortsetzung der vulkanischen Spalte des Asferah (Aktagh) und Tian-schan sei, s. a. a. O. p. 54—61. Beide, Asferah und Tian-schan, oszillieren zwischen den Parallelen von $40^2/_3$° und 43°. Die große aralo-kaspische Senkung, deren Flächeninhalt durch Struve nach genauen Messungen das Areal von ganz Frankreich um fast 1680 geographische Quadratmeilen übersteigt, halte ich für älter als die Hebungen des Altai und Tian-schan. Die Hebungsspalte der letztgenannten Gebirgskette hat sich durch die große Niederung nicht fortgepflanzt. Erst westlich von dem Kaspischen

Meere findet man sie wieder, mit einiger Abänderung in der Richtung, als Kaukasuskette, aber mit allen trachytischen und vulkanischen Erscheinungen. Dieser geognostische Zusammenhang ist auch von Abich anerkannt und durch wichtige Beobachtungen bestätigt worden. In einem Aufsatze über den Zusammenhang des Tian-schan mit dem Kaukasus, welchen ich von diesem großen Geognosten besitze, heißt es ausdrücklich: „Die Häufigkeit und das entscheidende Vorherrschen eines über das ganze Gebiet (zwischen dem Pontus und Kaspischen Meere) verbreiteten Systemes von parallelen Dislokations- und Erhebungslinien (nahe von Ost in West) führt die mittlere Achsenrichtung der großen latitudinalen centralasiatischen Massenerhebungen auf das bestimmteste westlich vom Kosyurt- und Bolorsysteme zum kaukasischen Isthmus hinüber. Die mittlere Streichungsrichtung des Kaukasus SO—NW ist in dem centralen Teile des Gebirges OSO—WNW, ja bisweilen völlig O—W wie der Tian-schan. Die Erhebungslinien, welche den Ararat mit den trachytischen Gebirgen Dzerlydagh und Kargabassar bei Erzerum verbinden, und in deren südlicher Parallele der Argäus, Sepandagh und Sabalan sich aneinander reihen, sind die entschiedensten Ausdrücke einer mittleren vulkanischen Achsenrichtung, d. h. des durch den Kaukasus westlich verlängerten Tian-schan. Viele andere Gebirgsrichtungen von Centralasien kehren aber auch auf diesem merkwürdigen Raume wieder, und stehen, wie überall, in Wechselwirkung zu einander, so daß sie mächtige Bergknoten und Maxima der Berganschwellung bilden." [Diese Ansicht, welche im Kaukasus eine Fortsetzung des Tian-schan erblickt, darf man heute wohl als ziemlich zweifelhaft bezeichnen, zumal der Vulkanismus des Tian-schan den neuesten Forschungen zufolge sich gleichfalls als kaum vorhanden herausgestellt hat. D. Herausg.] — Plinius sagt: Persae appellavere Caucasum montem Graucasim (var. Graucasum, Groucasim, Grocasum), hoc est nive candidum; worin Bohlen die Sanskritwörter kâs glänzen und gravan Fels zu erkennen glaubte. Wenn etwa der Name Graucasus in Kaukasus verstümmelt wurde, so konnte allerdings, wie Klausen in seinen Untersuchungen über die Wanderungen der Jo sagt, ein Name, „in welchem jede seiner ersten Silben den Griechen den Gedanken des Brennens erregte, einen Brandberg bezeichnen, an den sich die Geschichte des Feuerbrenners (Feuerzünders, πυρκαεύς) leicht poetisch wie von selbst anknüpfte". Es ist nicht zu leugnen, daß Mythen bisweilen durch Namen veranlaßt werden; aber die Entstehung eines so großen und wichtigen Mythos, wie der typhonisch-kaukasische, kann doch wohl nicht aus der zufälligen Klangähnlichkeit in einem mißverstandenen Gebirgsnamen herzuleiten sein. Es gibt bessere Argumente, deren auch Klausen eines erwähnt. Aus der sachlichen Zusammenstellung von Typhon und Kaukasus, und durch das ausdrückliche Zeugnis des Pherekydes von Syros (zur

Zeit der 58. Olympiade) erhellt, daß das östliche Weltende für ein vulkanisches Gebirge galt. Nach einer der Scholien zum Apollonius sagt Pherekydes in der Theogonie: „daß Typhon, verfolgt, zum Kaukasus floh und daß von dort der Berg brannte (oder in Brand geriet); daß Typhon da nach Italien flüchtete, wo die Insel Pithecusa um ihn herumgeworfen (gleichsam herumgegossen) wurde". Die Insel Pithecusa ist aber die Insel Aenaria (jetzt Ischia), auf welcher der Evomeus (Epopon) nach Julius Obsequens 95 Jahre vor unserer Zeitrechnung, dann unter Titus, unter Diokletian und zuletzt, nach der genauen Nachricht des Tolomeo Fiadoni von Lucca, zu derselben Zeit Priors von Santa Maria Novella, im Jahre 1302 Feuer und Laven auswarf. „Es ist seltsam," schreibt mir der tiefe Kenner des Altertums, Böckh, „daß Pherekydes den Typhon vom Kaukasus fliehen läßt, weil er brannte, da er selbst der Urheber der Erdbrände ist; daß aber sein Aufenthalt im Kaukasus auf der Vorstellung vulkanischer Eruptionen daselbst beruht, scheint auch mir unleugbar." Apollonius der Rhodier, wo er von der Geburt des kolchischen Drachen spricht, versetzt ebenfalls in den Kaukasus den Fels des Typhon, an welchem dieser von dem Blitze des Kroniden Zeus getroffen wurde. — Mögen immer die Lavaströme und Kraterseen des Hochlandes Kely, die Eruptionen des Ararat und Elbrus, oder die Obsidian- und Bimssteinströme aus den alten Kratern des Riotandagh in eine vorhistorische Zeit fallen, so können doch die vielen hundert Flammen, welche noch heute im Kaukasus auf Bergen von 7000 bis 8000 Fuß (2270 bis 2600 m) Höhe wie auf weiten Ebenen in Erdspalten ausbrechen, Grund genug gewesen sein, um das ganze kaukasische Gebirgsland für einen typhonischen Sitz des Feuers zu halten.

[35] (S. 183.) Ich habe schon darauf aufmerksam gemacht, daß Edrisi der Feuer von Baku nicht erwähnt, da sie doch schon 200 Jahre früher, im 10. Jahrhundert, Masudi Khotbeddin weitläufig als ein Nefalaland beschreibt, d. h. reich an brennenden Naphthabrunnen.

[36] (S. 184.) Targioni Tozzetti behauptet nach älteren, aber glaubwürdigen Traditionen, daß einige dieser den Ausbruchsort immerdar verändernden Borsäurequellen einst bei Nacht seien leuchtend (entzündet) gesehen worden. Um das geognostische Interesse für die Betrachtungen von Murchison und Pareto über die vulkanischen Beziehungen der Serpentinformation in Italien zu erhöhen, erinnere ich hier daran, daß die seit mehreren tausend Jahren brennende Flamme der kleinasiatischen Chimära (bei der Stadt Deliktasch, dem alten Phaselis, in Lykien, an der Westküste des Golfs von Adalia) ebenfalls aus einem Hügel am Abhange des Solimandagh aufsteigt, in welchem man anstehenden Serpentin und Blöcke von Kalkstein gefunden hat. Etwas südlicher, auf der kleinen Insel Grambusa, sieht man den Kalkstein auf dunkelfarbigen Serpentin aufgelagert. S. die inhaltreiche Schrift des Admiral Beaufort, Survey of the coasts of Karamania 1818,

p. 40 und 48, deren Angaben durch die soeben (Mai 1854) von einem sehr begabten Künstler, Albrecht Berg, heimgebrachten Gebirgsarten vollkommen bestätigt werden.

[37] (S. 186.) „C'est avec émotion que je viens de visiter un lieu que vous avez fait connaître il y a cinquante ans. L'aspect des petits Volcans de Turbaco est tel que vous l'avez décrit: c'est le même luxe de la végétation, le même nombre et la même forme des cônes d'argile, la même éjection de matière liquide et boueuse; rien n'est changé, si ce n'est la nature du gaz qui se dégage. J'avais avec moi, d'après les conseils de notre ami commun, Mr. Boussingault, tout ce qu'il fallait pour l'analyse chimique des émanations gazeuses, même pour faire un mélange frigorifique dans le but de condenser la vapeur d'eau, puisqu'on m'avait exprimé le doute, qu'avec cette vapeur on avait pu confondre l'azote. Mais cet appareil n'a été aucunement nécessaire. Dès mon arivée aux *Volcancitos* l'odeur prononcée de bitume m'a mis sur la voie, et j'ai commencé par allumer le gaz sur l'orifice même de chaque petit cratère. On aperçoit même aujourd'hui à la surface du liquide qui s'élève par intermittence, une mince pellicule de pétrole. Le gaz recueilli *brûle tout entier*, sans résidu d'azote(?) et sans déposer du *soufre* (au contact de l'atmosphère). Ainsi la *nature du phénomène a complètement changé depuis votre voyage, à moins d'admettre une erreur d'observation*, justifiée par l'état moins avancé de la chimie expérimentale à cette époque. Je ne doute plus maintenant que la grande éruption de *Galera Zamba*, qui a éclairé le pays dans un rayon de cent kilomètres, ne soit un *phénomène de Salses*, développé sur une grande échelle, puisqu'il y existe des centaines de petits cônes, vomissant de l'argile salée, sur une surface de plus de 400 lieues carrées. — Je me propose d'examiner les produits gazeux des cônes de Tubarà, qui sont les Salses les plus éloignées de vos *Volcancitos* de Turbaco. D'après les manifestations si puissantes qui ont fait disparaître une partie de la péninsule de Galera Zamba, devenue une île, et après l'apparition d'une nouvelle île, soulevée du fond de la mer voisine en 1848 et disparue de nouveau, je suis porté à croire que c'est près de Galera Zamba, à l'ouest du Delta du Rio Magdalena, que ce trouve le principal foyer du phénomène des Salses de la Province de Carthagène.“ (Aus einem Briefe des Obersten Acosta an A. v. H., Turbaco d. 21. Dezember 1850.) —

[38] (S. 186) Ich habe auf meiner ganzen amerikanischen Expedition streng den Rat Vauquelins befolgt, unter dem ich einige Zeit vor meinen Reisen gearbeitet, das Detail jedes Versuches an demselben Tage niederzuschreiben und aufzubewahren. Aus meinen Tagebüchern vom 17. und 18. April 1801 schreibe ich hier folgendes

ab: „Da demnach das Gas nach Versuchen mit Phosphor und nitrösem Gas kaum 0,01 Sauerstoff, mit Kalkwasser nicht 0,02 Kohlensäure zeigte, so frage ich mich, was die übrigen 97 Hundertteile sind. Ich vermutete zuerst, Kohlen- und Schwefelwasserstoff, aber im Kontakt mit der Atmosphäre setzt sich an die kleinen Kraterränder kein Schwefel ab, auch war kein Geruch von geschwefeltem Wasserstoffgas zu spüren. Der problematische Teil könnte scheinen reiner Stickstoff zu sein, da, wie oben erwähnt, eine brennende Kerze nichts entzündete; aber ich weiß aus der Zeit meiner Analysen der Grubenwetter, daß ein von aller Kohlensäure freies, leichtes Wasserstoffgas, welches bloß an der Firste eines Stollens stand, sich auch nicht entzündete, sondern das Grubenlicht verlöschte, während letzteres an tiefen Punkten hell brannte, wo die Luft beträchtlich mit Stickgas gemengt war. Der Rückstand von dem Gas der Volcancitos ist also wohl Stickgas mit einem Anteil von Wasserstoffgas zu nennen, einem Anteil, den wir bis jetzt nicht quantitativ anzugeben wissen. Sollte unter den Volcancitos derselbe Kohlenschiefer liegen, den ich westlicher am Rio Sinu gesehen, oder Mergel und Alaunerde? Sollte atmosphärische Luft in durch Wasser gebildete Höhlungen auf engen Klüften eindringen und sich im Kontakt mit schwarzgrauem Letten zersetzen, wie in den Sinkwerken im Salzthon von Hallein und Berchtholdsgaden, wo die Weitungen sich mit lichtverlöschenden Gasen füllen? oder verhindern die gespannt, elastisch ausströmenden Gasarten das Eindringen der atmosphärischen Luft?“ Diese Fragen schrieb ich nieder in Turbaco vor 53 Jahren. Nach den neuesten Beobachtungen von Herrn Vauvert de Méan (1854) hat sich die Entzündlichkeit der ausströmenden Luftart vollkommen erhalten. Der Reisende hat Proben des Wassers mitgebracht, welches die kleine Krateröffnung der Volcancitos erfüllt. In demselben hat Boussingault Kochsalz 6,59 g auf ein Liter, kohlensaures Natron 0,31, schwefelsaures Natron 0,20; auch Spuren von borsaurem Natron und Jod gefunden. In dem niedergefallenen Schlamme erkannte Ehrenberg in genauer mikroskopischer Untersuchung keine Kalkteile, nichts Verschlacktes; aber Quarzkörner, mit Glimmerblättchen gemengt, und viele kleine Kristallprismen schwarzen Augits, wie er oft in vulkanischem Tuff vorkommt, keine Spur von Spongiolithen oder polygastrischen Infusorien, nichts, was die Nähe des Meeres andeutete; dagegen aber viele Reste von Dikotyledonen, von Gräsern und Sporangien der Lichenen, an die Bestandteile der Moya von Pelileo erinnernd. Während Ch. Sainte-Claire Deville und Georg Bornemann in ihren schönen Analysen der Macalube di Terrapilata in dem ausgestoßenen Gas 0,99 gekohltes Wasserstoffgas fanden, gab ihnen das Gas, welches in der Agua Santa di Limosina bei Catanea aufsteigt, wie einst Turbaco, 0,98 Stickgas, ohne Spur von Sauerstoff.

[39] (S. 187.) Humboldt, Vues des Cordillères et Monuments des peuples indigènes de l'Amérique

Pl. XLI, p. 239. Die schöne Zeichnung der Volcancitos de Turbaco, nach welcher die Kupfertafel gestochen wurde, ist von der Hand meines damaligen jungen Reisegefährten, Louis de Rieux. —

[40] (S. 189.) Humboldt, Asie centrale T. II, p. 519 bis 540, meist nach Auszügen aus chinesischen Werken von Klaproth und Stanislas Julien. Das alte chinesische Seilbohren, welches in den Jahren 1830 bis 1842 mehrfach und bisweilen mit Vorteil in Steinkohlengruben in Belgien und Deutschland angewandt worden ist, war (wie Jobard aufgefunden) schon im 17. Jahrhundert in der Relation de l'Ambassadeur hollandais van Hoorn beschrieben worden; aber die genaueste Nachricht von dieser Bohrmethode der Feuerbrunnen (Ho-tsing) hat der französische Missionär Imbert gegeben, der so viele Jahre in Kia-ting-fu residiert hat.

[41] (S. 189.) Außer den Schlammvulkanen bei Damak und Surabaya gibt es auf anderen Inseln des Indischen Archipels noch die Schlammvulkane von Pulu-Semao, Pulu-Kambing und Pulu-Roti.

[42] (S. 189.) Nach den Berichten des deutschen Naturforschers Dr. Otto Kuntze, welcher das Pakamaran im August 1875 besuchte, ist das Totenthal weiter nichts als eine Fabel. Er sah dort keine Spur von Gerippen, noch bemerkte er eine Ansammlung von Kohlensäure; der glimmende Zunder, den er vor sich hielt, löschte nicht aus. Selbst von toten Insekten und Kadavern kleiner Tiere war keine Spur zu sehen. [D. Herausg.]

[43] (S. 190.) Die schwächeren Hundsgrotten auf Java sind Gua-Upas und Gua-Galan (das erstere Wort ist das Sanskritwort guhâ Höhle). Da es wohl keinem Zweifel unterworfen sein kann, daß die Grotta del Cane in der Nähe des Lago di Agnano dieselbe ist, welche Plinius vor fast 18 Jahrhunderten „in agro Puteolano" als „Charonea scrobis mortiferum spiritum exhalans" beschrieben hat, so muß man allerdings mit Scacchi verwundert sein, daß in einem von dem Erdbeben so oft bewegten, lockeren Boden ein so kleinliches Phänomen (die Zuleitung einer geringen Menge von kohlensaurem Gas) hat unverändert und ungestört bleiben können.

[44] (S. 191.) „L'existence d'une *source de naphte*, sortant au fond de la mer d'un micaschiste grenatifère, et répandant, selon l'expression d'un historien de la *Conquista*, Oviedo, une „liqueur résineuse, aromatique et médicinale", est un fait extrêmement remarquable. Toutes celles que l'on connait jusqu'ici, appartiennent aux montagnes secondaires; et ce mode de gisement semblait favoriser l'idée que tous les bitumes minéraux étaient dus à la destruction des matières végétales et animales ou à l'embrasement des houilles. Le phénomène du Golfe de Cariaco acquiert une nouvelle importance, si l'on se rappelle que le même terrain dit primitif renferme des feux souterrains, qu'au bord des cratères enflammés *l'odeur de pétrole* se fait sentir de temps en temps (p. e. dans l'éruption du Vésuve 1805,

lorsque le Volcan lançait des scories), et que la plupart des sources très chaudes de l'Amérique du Sud sortent du granite (las Trincheras près de Portocabello), du gneis et du schiste micacé. — Plus à l'est du méridien de Cumana, en descendant de la Sierra de Meapire, on rencontre d'abord le terrain creux *(tierra hueca)* qui, pendant les grands tremblements de terre de 1766 a jeté de l'asphalte enveloppé dans du pétrole visqueux; et puis au-delà de ce terrain une infinité de sources chaudes hydrosulfureuses." (**Humboldt**, Relat. hist. du Voyage aux Régions équin. T. I, p. 136, 344, 347 und 447.)

[45] (S. 194.) Das Beiwort διάπυρος beweist, daß hier nicht von Schlammvulkanen die Rede ist. Wo auf diese Plato in seinen geognostischen Phantasieen anspielt, Mythisches mit Beobachtetem vermischend, sagt er bestimmt (im Gegensatz der Erscheinung, welche Strabo beschreibt) ὑγροῦ πηλοῦ ποταμοί. Ueber die Benennungen πηλός und ῥύαξ als vulkanische Ergießungen habe ich schon bei einer früheren Gelegenheit gehandelt; und erinnere hier noch an eine andere Stelle des Strabo, in der sich erhärtende Lava, πηλός μέλας genannt, auf das deutlichste charakterisiert ist. In der Beschreibung des Aetna heißt es: „Der in Verhärtung übergehende Glühstrom (ῥύαξ) versteinert die Erdoberfläche auf eine beträchtliche Tiefe, so daß, wer sie aufdecken will, eine Steinbrucharbeit unternehmen muß. Denn da in den Kratern das Gestein geschmolzen und sodann emporgehoben wird, so ist die dem Gipfel entströmende Flüssigkeit eine schwarze, den Berg herabfließende Kotmasse (πηλός), welche, nachher verhärtend, zum Mühlstein wird, und dieselbe Farbe behält, die sie früher hatte."

[46] (S. 194.) Wie schon im ersten Bande des Kosmos bemerkt, ist gegenwärtig A. v. Humboldts Ansicht von Bau und Bildung der Vulkane völlig verlassen; die im Texte folgenden Ausführungen besitzen daher, soweit sie sich auf die Theorie des Vulkanismus beziehen, bloß noch historischen Wert für die Entwickelungsgeschichte der geologischen Wissenschaft. [D. Herausg.]

[47] (S. 195.) Leop. von Buch, Ueber basaltische Inseln und Erhebungskrater in den Abhandl. der königl. Akademie der Wiss. zu Berlin auf das Jahr 1818 und 1819, S. 51; desselben Physikalische Beschreibung der Kanarischen Inseln 1825, S. 213, 262, 284, 313, 323 und 341. Diese, für die gründliche Kenntnis vulkanischer Erscheinungen Epoche machende Schrift ist die Frucht der Reise nach Madeira und Tenerifa von Anfang April bis Ende Oktober 1815; aber Naumann erinnert mit vielem Rechte in seinem Lehrbuch der Geognosie, daß schon in den von Leopold von Buch 1802 aus der Auvergne geschriebenen Briefen bei Gelegenheit der Beschreibung des Mont d'Or die Theorie der Erhebungskrater und ihr wesentlicher Unterschied von den eigentlichen Vulkanen ausgesprochen wurde Ein lehrreiches Gegenstück zu den 3 Erhebungskratern der Kanarischen Inseln

(auf Gran Canaria, Tenerifa und Palma) liefern die Azoren. Die vortrefflichen Karten des Kapitän Vidal, deren Bekanntmachung wir der englischen Admiralität verdanken, erläutern die wundersame geognostische Konstruktion dieser Inseln. Auf S. Miguel liegt die ungeheuer große, im Jahre 1444 fast unter Cabrals Augen gebildete Caldeira das sete Cidades, ein Erhebungskrater, welcher 2 Seen, die Lagoa grande und die Lagoa azul, in 812 Fuß (264 m) Höhe einschließt. An Umfang ist fast gleich groß die Caldeira de Corvo, deren trockener Teil des Bodens 1200 Fuß (390 m) Höhe hat. Fast dreimal höher liegen die Erhebungskrater von Fayal und Terceira. Zu derselben Art der Ausbrucherscheinungen gehören die zahllosen, aber vergänglichen Gerüste, welche 1691 in dem Meere um die Insel S. Jorge und 1757 um die Insel S. Miguel nur auf Tage sichtbar wurden. Das periodische Anschwellen des Meeresgrundes kaum eine geographische Meile westlich von der Caldeira das sete Cidades, eine größere und etwas länger dauernde Insel (Sabrina) erzeugend, ist bereits früher erwähnt. Ueber den Erhebungskrater der Astruni in den Phlegräischen Feldern und die in seinem Centrum emporgetriebene Trachytmasse als ungeöffneten glockenförmigen Hügel s. Leopold von Buch in Poggendorffs Annalen Bd. XXXVII, S. 171 und 182. Ein schöner Erhebungskrater ist Rocca Monfina, gemessen und abgebildet in Abich, Geol. Beob. über die vulkan. Erscheinungen in Unter- und Mittelitalien 1841, Bd. I, S. 113, Tafel II.

[48] (S. 197.) Es ist viel gestritten worden, an welche bestimmte Lokalität der Ebene von Trözen oder der Halbinsel Methana sich die Beschreibung des römischen Dichters anknüpfen lasse. Mein Freund, der große, durch viele Reisen begünstigte, griechische Altertumsforscher und Chorograph, Ludwig Roß, glaubt, daß die nächste Umgegend von Trözen keine Oertlichkeit darbietet, die man auf den blasenförmigen Hügel deuten könne, und daß, in poetischer Freiheit, Ovid das mit Naturwahrheit geschilderte Phänomen auf die Ebene verlegt habe. „Südwärts von der Halbinsel Methana und ostwärts von der trözenischen Ebene,“ schreibt Roß, „liegt die Insel Kalauria, bekannt als der Ort, wo Demosthenes, von den Makedoniern gedrängt, im Tempel des Poseidon das Gift nahm. Ein schmaler Meeresarm scheidet das Kalkgebirge Kalaurias von der Küste, von welchem Meeresarm (Durchfahrt, πόρος), Stadt und Insel ihren heutigen Namen haben. In der Mitte des Sundes liegt, durch einen niedrigen, vielleicht ursprünglich künstlichen Damm mit Kalauria verbunden, ein kleines konisches Eiland, in seiner Gestalt einem der Länge nach durchgeschnittenen Ei zu vergleichen. Es ist durchaus vulkanisch und besteht aus graugelbem und gelbrötlichem Trachyt, mit Lavaausbrüchen und Schlacken gemengt, fast ganz ohne Vegetation. Auf diesem Eilande steht die heutige Stadt Poros, an der Stelle der alten Kalauria. Die Bildung des Eilandes ist der der jüngeren vulkanischen Inseln im Busen von

Thera (Santorin) ganz ähnlich. Ovidius ist in seiner begeisterten Schilderung wahrscheinlich einem griechischen Vorbilde oder einer alten Sage gefolgt." (Ludw. Roß in einem Briefe an mich vom November 1845.) Virlet hatte als Mitglied der französischen wissenschaftlichen Expedition die Meinung aufgestellt, daß jene vulkanische Erhebung nur ein späterer Zuwachs der Trachytmasse der Halbinsel Methana gewesen sei. Dieser Zuwachs finde sich in dem Nordwestende der Halbinsel, wo das schwarze verbrannte Gestein, Kammeni-petra genannt, den Kammeni bei Santorin ähnlich, einen jüngeren Ursprung verrate. Pausanias teilt die Sage der Einwohner von Methana mit, daß an der Nordküste, ehe die noch jetzt berühmten Schwefelthermen ausbrachen, Feuer aus der Erde aufgestiegen sei. Ueber den „unbeschreiblichen Wohlgeruch", welcher bei Santorin (Sept. 1650) auf den stinkenden Schwefelgeruch folgte, s. Roß, Reisen auf den Griechischen Inseln des Aegeischen Meeres Bd. I, S. 196. Ueber den Naphthageruch in den Dämpfen der Lava der 1796 erschienenen aleutischen Insel Umnack s. Kotzebues Entdeckungsreise Bd. II, S. 106 und Léop. de Buch, Description phys. des Iles Canaries p. 448.

[49] (S. 197.) Der höchste Gipfel der Pyrenäen, d. i. der Pik de Nethou (der östliche und höhere Gipfel der Maladetta- oder Malahitagruppe), ist zweimal trigonometrisch gemessen worden und hat nach Reboul 10737 Fuß (3481 m), nach Coraboeuf 10478 Fuß (3404 m). Er ist also an 1600 Fuß niedriger als der Mont Pelvoux in den französischen Alpen bei Briançon. Dem Pik de Nethou sind in den Pyrenäen am nächsten an Höhe der Pik Posets oder Erist, und aus der Gruppe des Marboré der Montperdu und der Cylindre. [Neuere Angaben geben dem Mont Pelvoux 4103 m Höhe, so daß der Pik de Nethou also um 699 m niedriger wäre. Ihm am nächsten folgen in den Pyrenäen der Mont Perdu mit 3352 und Vignemala mit 3290 m. D. Herausg.]

[50] (S. 198.) Ich habe die Eifeler Vulkane zweimal, bei sehr verschiedenen Zuständen der Entwickelung der Geognosie, im Herbste 1794 und im August 1845, besucht, das erste Mal in der Umgegend des Laacher Sees und der damals dort noch von Geistlichen bewohnten Abtei; das zweite Mal in der Umgegend von Bertrich, dem Mosenberge und den nahen Maaren, immer nur auf wenige Tage. Da ich bei ber letzten Exkursion das Glück genoß, meinen innigen Freund, den Berghauptmann von Dechen, begleiten zu können, so habe ich, durch einen vieljährigen Briefwechsel und durch Mitteilung wichtiger handschriftlicher Aufsätze, die Beobachtungen dieses scharfsinnigen Geognosten frei benutzen dürfen. Oft habe ich, wie es meine Art ist, durch Anführungszeichen das unterschieden, was ich wörtlich dem Mitgeteilten entlehnte.

[51] (S. 200.) Der Leucit (gleichartig vom Vesuv, von Rocca

di Papa im Albaner Gebirge, von Viterbo, von der Rocca Monfina, nach Pilla bisweilen von mehr als 3 Zoll Durchmesser, und aus dem Dolerit des Kaiserstuhles im Breisgau) findet sich auch „anstehend als Leucitgestein in der Eifel am Burgberge bei Rieden. Der Tuff schließt in der Eifel große Blöcke von Leucitophyr ein bei Boll und Weibern". — Ich kann der Versuchung nicht widerstehen, einem von Mitscherlich vor wenigen Wochen in der Berliner Akademie gehaltenen chemisch-geognostischen Vortrage folgende wichtige Bemerkung aus einer Handschrift zu entnehmen: „Nur Wasserdämpfe können die Auswürfe der Eifel bewirkt haben; sie würden aber den Olivin und Augit zu den feinsten Tropfen zerteilt und zerstäubt haben, wenn sie diese noch flüssig getroffen hätten. Der Grundmasse in den Auswürflingen sind aufs innigste, z. B. am Dreiser Weiher, Bruchstücke des zertrümmernden alten Gebirges eingemengt, welche häufig zusammengesintert sind. Die großen Olivin- und die Augitmassen finden sich sogar in der Regel mit einer dicken Kruste dieses Gemenges umgeben; nie kommt im Olivin oder Augit ein Bruchstück des älteren Gebirges vor; beide waren also schon fertig gebildet, ehe sie an die Stelle gelangten, wo die Zertrümmerung stattfand. Olivin und Augit hatten sich also aus der flüssigen Basaltmasse schon ausgesondert, ehe diese eine Wasseransammlung oder eine Quelle traf, die das Herauswerfen bewirkte."

[52] (S. 200.) Nach Scacchi gehören die Auswürflinge zu dem ersten Ausbruch des Vesuv im Jahre 79.

[53] (S. 203.) Der mit infusorienhaltigen Bimssteinbrocken gefüllte Traß von Brohl bildet Hügel bis zu 800 Fuß (260 m) Höhe.

[54] (S. 203.) Auch auf der Insel Java, dieser wunderbaren Stätte vielfacher vulkanischer Thätigkeit, findet man „Krater ohne Kegel, gleichsam flache Vulkane", zwischen Gunung Salak und Perwakti, „als Explositionskrater" den Maaren analog. Ohne alle Randerhöhung, liegen sie zum Teil in ganz flachen Gegenden der Gebirge, haben eckige Bruchstücke der gesprengten Gesteinschichten um sich her zerstreut, und stoßen jetzt nur Dämpfe und Gasarten aus.

[55] (S. 204.) Ueber die topographische Lage des Popocatepetl (rauchender Berg in aztekischer Sprache) neben der (liegenden) weißen Frau, Iztaccihuatl, und sein geographisches Verhältnis zu dem westlichen See von Tezcuco und der östlich gelegenen Pyramide von Cholula s. meinen Atlas géogr. et phys. de la Nouvelle-Espagne Pl. 3.

[56] (S. 204.) Lange vor der Ankunft von Bouguer und La Condamine (1736) in der Hochebene von Quito, lange vor den Bergmessungen der Astronomen wußten dort die Eingeborenen, daß der Chimborazo höher als alle anderen Nevados (Schneeberge) der Gegend sei. Sie hatten zwei, sich fast im ganzen Jahre überall gleich bleibende Niveaulinien erkannt: die der unteren Grenze des

ewigen Schnees und die Linie der Höhe, bis zu welcher ein einzelner, zufälliger Schneefall herabreicht. Da in der Aequatorialgegend von Quito, wie ich durch Messungen an einem anderen Orte erwiesen habe, die Schneelinie nur um 180 Fuß (58,5 m) Höhe an dem Abhange von sechs der höchsten Kolosse variiert, und da diese Variation, wie noch kleinere, welche Lokalverhältnisse erzeugen, in einer großen Entfernung gesehen (die Höhe des Gipfels vom Montblanc ist der Höhe der unteren Aequatorial-Schneegrenze gleich), dem bloßen Auge unbemerkbar wird, so entsteht durch diesen Umstand für die Tropenwelt eine scheinbar ununterbrochene Regelmäßigkeit der Schneebedeckung, d. h. der Form der Schneelinie. Die landschaftliche Darstellung dieser Horizontalität setzt die Physiker in Erstaunen, welche nur an Unregelmäßigkeit der Schneebedeckung in der veränderlichen, sogenannten gemäßigten Zone gewöhnt sind. Die Gleichheit der Schneehöhe um Quito und die Kenntnis von dem Maximum ihrer Oszillation bietet senkrechte Basen von 14800 Fuß (4807 m) über der Meeresfläche, von 6000 Fuß (1950 m) über der Hochebene dar, in welcher die Städte Quito, Hambato und Nuevo Riobamba liegen, Basen, die, mit sehr genauen Messungen von Höhenwinkeln verbunden, zu Distanzbestimmungen und mannigfaltigen topographischen, schnell auszuführenden Arbeiten benutzt werden können. Die zweite der hier bezeichneten Niveaulinien, die Horizontale, welche den unteren Teil eines einzelnen, zufälligen Schneefalles begrenzt, entscheidet über die relative Höhe der Bergkuppen, welche in die Region des ewigen Schnees nicht hineinreichen. Von einer langen Kette solcher Bergkuppen, die man irrigerweise für gleich hoch gehalten hat, bleiben viele unterhalb der temporären Schneelinie, und der Schneefall entscheidet so über das relative Höhenverhältnis. Solche Betrachtungen über perpetuierliche und zufällige Schneegrenzen habe ich in dem Hochgebirge von Quito, wo die Sierras nevadas oft einander genähert sind ohne Zusammenhang ihrer ewigen Schneedecken, aus dem Munde roher Landleute und Hirten vernommen. Eine großartige Natur schärft anregend die Empfänglichkeit bei einzelnen Individuen unter den farbigen Eingeborenen selbst da, wo sie auf der tiefsten Stufe der Kultur stehen.

[57] (S. 207.) Der große Ausbruch im Dezember 1754 (ein früherer, heftiger, geschah am 24. September 1716) zerstörte das alte am südwestlichen Ufer des Sees gelegene Dorf Taal, welches später weiter vom Vulkan wieder erbaut wurde. Die kleine Insel des Sees, auf welcher der Vulkan emporsteigt, heißt Isla del Volcan. Die absolute Höhe des Vulkanes von Taal ist kaum 840 Fuß (272 m). Er gehört also nebst dem von Kosima zu den allerniedrigsten. Zur Zeit der amerikanischen Expedition des Kapitän Wilkes (1842) war er in voller Thätigkeit.

[58] (S. 208.) Ueber die Lage dieses Vulkans, dessen Kleinheit nur von dem Vulkan von Tanna und dem des Mendaña übertroffen

wird, s. die schöne Karte des Japanischen Reiches von Ph. Fr. von Siebold, 1840.

59 (S. 208.) Ich nenne hier neben dem Pik von Tenerifa unter den Inselvulkanen nicht den Mauna-roa, dessen kegelförmige Gestalt seinem Namen nicht entspricht. In der Sandwichsprache bedeutet nämlich mauna Berg und roa zugleich lang und sehr. Ich nenne auch nicht den Hawai, über dessen Höhe so lange gestritten worden ist und der lange als ein am Gipfel ungeöffneter trachytischer Dom beschrieben wurde. Der berühmte Krater Kiraueca (ein See geschmolzener, aufwallender Lava) liegt östlich, nach Wilkes in 3724 Fuß (1210 m) Höhe, dem Fuße des Mauna-roa nahe.

60 (S. 209.) Volcano, nach der neueren Messung von Ch. Sainte-Claire Deville 1190 Fuß (386 m), hat starke Eruptionen von Schlacken und Asche gehabt in den Jahren 1444, am Ende des 16. Jahrhunderts, 1731, 1739 und 1771. Seine Fumarolen enthalten Ammoniak, borarsaures Selen, geschwefelten Arsenik, Phosphor und nach Bornemann Spuren von Jod. Die drei letzten Substanzen treten hier zum erstenmal unter den vulkanischen Produkten auf.

61 (S. 209.) Der Ringgit ist jetzt fast erloschen, nachdem seine furchtbaren Ausbrüche im Jahre 1586 vielen tausend Menschen das Leben gekostet haben.

62 (S. 209.) Der Gipfel des Vesuvs ist also nur 242 Fuß (79 m) höher als der Brocken. [Neuere Messungen ergeben für den Vesuv 1268 m. D. Herausg.]

63 (S. 209.) Vergl. meine Relation hist. T. I, p. 93 besonders wegen der Entfernung, in welcher der Gipfel des Vulkanes der Insel Pico bisweilen gesehen worden ist. Die ältere Messung Ferrers gab 7428 Fuß (2413 m), also 285 Fuß (93 m) mehr als die gewiß sorgfältigere Aufnahme des Kapitän Vidal von 1843.

64 (S. 209.) Erman in seiner interessanten geognostischen Beschreibung der Vulkane der Halbinsel Kamtschatka gibt der Awatschinskaja oder Gorelaja Sopka 8360 Fuß (2716 m) und der Strjeloschnaja Sopka, die auch Korjazkaja Sopka genannt wird, 11090 Fuß (3602 m). Die Ermansche Messung des Vulkanes von Awatscha stimmt am meisten mit der früheren Messung von Mongez 1787 auf der Expedition von la Pérouse (8197 Fuß = 2663 m) und mit der neueren des Kapitän Beechey (8497 Fuß = 2760 m) überein. Hofmann auf der Kotzebueschen und Lenz auf der Lütkeschen Reise fanden nur 7664 und 7705 Fuß (2500 und 2513 m). Des Admirals Messung von der Strjeloschnaja gab 10518 Fuß (3416 m).

65 (S. 210.) Sollte der Gipfel dieses merkwürdigen Vulkans im Abnehmen der Höhe begriffen sein? Eine barometrische Messung von Balday, Vidal und Mudge im Jahre 1819 gab noch 2975 m oder 9156 Fuß, während ein sehr genauer und geübter Beobachter, welcher der Geognosie der Vulkane so wichtige Dienste geleistet hat,

Sainte-Claire Deville, im Jahre 1842 nur 2790 m oder 8587 Fuß fand. Kapitän King hatte kurz vorher die Höhe des Vulkanes von Fogo gar nur zu 2656 m oder 8267 Fuß bestimmt.

[66] (S. 210.) Der Vulkan Schiwelutsch hat, wie der Pichincha, die bei thätigen Vulkanen seltene Form eines langen Rückens (chrebet), auf dem sich einzelne Kuppen und Kämme (grebni) erheben. Glocken- und Kegelberge werden in dem vulkanischen Gebiete der Halbinsel immer durch den Namen sopki bezeichnet.

[67] (S. 210.) Die höchste Höhe des Aetna beträgt nach Sartorius von Waltershausen 3318 m, nach den Messungen des italienischen Generalstabes 3313 m. [D. Herausg.]

[68] (S. 210.) Die barometrische Messung von Saint-Claire Deville im Jahre 1842 gab 3706 m oder 11408 Fuß, nahe übereinstimmend mit dem Resultate (11430 Fuß = 3716 m) der zweiten trigonometrischen Messung Bordas vom Jahre 1776, welche ich aus dem Manuscript du Dépôt de la Marine habe zuerst veröffentlichen können. Bordas erste, mit Pingré gemeinschaftlich unternommene trigonometrische Messung vom Jahre 1771 gab, statt 11430 Fuß nur 10452 Fuß (3395 m). Die Ursache des Irrtums war die falsche Notierung eines Winkels (33′ statt 53′), wie mir Borda, dessen großem persönlichen Wohlwollen ich vor meiner Orinokoreise so viele nützliche Ratschläge verdanke, selbst erzählte.

[69] (S. 210.) Ich folge der Angabe von Pentland, 12367 engl. Fuß, um so mehr, als Sir James Roß, Voy. de discovery in the antarctic Regions Vol. I, p. 216, die Höhe des Vulkanes, dessen Rauch- und Flammenausbrüche selbst bei Tage sichtbar waren, im allgemeinen zu 12400 engl. Fuß (11634 Par. Fuß oder 3779 m) angegeben wird.

[70] (S. 210.) Ueber den Argäus, den Hamilton zuerst bestiegen und barometrisch gemessen (zu 11921 Par. Fuß oder 3905 m) siehe Peter von Tschihatschew, Asie mineure (1853), T. I, p. 441 bis 449 und 571. William Hamilton in seinem vortrefflichen Werke (Researches in Asia Minor) erhält als Mittel von einer Barometermessung und einigen Höhenwinkeln 13000 feet (12196 Par. Fuß = 3962 m); wenn aber nach Ainsworth die Höhe von Kaisarieh 1000 feet (938 Par. Fuß = 305 m) niedriger ist, als er sie annimmt, nur 11258 Par. Fuß (3657 m). Vom Argäus (Erdschisch-Dagh) gegen Südost, in der großen Ebene von Eregli, erheben sich südlich von dem Dorfe Karabunar und von der Berggruppe Karadscha-Dagh viele sehr kleine Ausbruchkegel. Einer derselben, mit einem Krater versehen, hat eine wunderbare Schiffsgestalt, an dem Vorderteil wie in einen Schnabel auslaufend. Es liegt dieser Krater in einem Salzsee, an dem Wege von Karabunar nach Eregli, eine starke Meile von dem ersteren Orte entfernt. Der Hügel führt denselben Namen.

[71] (S. 210.) Die angegebene Höhe ist eigentlich die des gras-

grünen Bergsees Laguna verde, an dessen Rande sich die von Boussingault untersuchte Solfatare befindet.

[72] (S. 210.) Boussingault ist bis zum Krater gelangt und hat die Höhe barometrisch gemessen; sie stimmt sehr nahe mit der überein, die ich 23 Jahre früher, auf der Reise von Popayan nach Quito, schätzungsweise bekannt gemacht.

[73] (S. 210.) Die Höhe weniger Vulkane ist so überschätzt worden als die Höhe des Kolosses der Sandwichinseln. Wir sehen dieselbe nach und nach von 17270 Fuß = 5610 m (einer Angabe aus der dritten Reise des Cook) zu 15465 Fuß (5023 m) in Kings, zu 15588 Fuß (5063 m) in Marchands Messung, zu 12909 Fuß (3994 m) durch Kapitän Wilkes und zu 12693 Fuß (4124 m) durch Horner auf der Reise von Kotzebue herabsinken. Die Grundlagen des letztgenannten Resultates hat Leopold von Buch zuerst bekannt gemacht. Der östliche Kraterrand hat nur 12609 Fuß (3996 m). Die Annahme größerer Höhe bei der behaupteten Schneelosigkeit des Mauna-roa (Br. 19° 28′) würde dazu dem Resultate widersprechen, daß nach meinen Messungen im mexikanischen Kontinent in derselben Breite die Grenze des ewigen Schnees schon 13860 Fuß (4502 m) hoch gefunden worden ist.

[74] (S. 210.) Der Vulkan erhebt sich westlich von dem Dorfe Cumbal, das selbst 9911 Fuß (3220 m) über dem Meere liegt.

[75] (S. 210.) Ich gebe das Resultat von Ermans mehrfachen Messungen im September 1829. Die Höhe der Kraterränder soll Veränderungen durch häufige Eruptionen ausgesetzt sein, denn es hatten im August 1828 Messungen, die dasselbe Vertrauen einflößen konnten, eine Höhe von 15040 Fuß (4885 m) gegeben.

[76] (S. 210.) Bouguer und La Condamine geben in der Inschrift zu Quito für den Tunguragua vor dem großen Ausbruche von 1772 und vor dem Erdbeben von Riobamba (1797), welches große Bergstürze veranlaßte, 15738 Fuß (5115 m). Ich fand trigonometrisch im Jahre 1802 für den Gipfel des Vulkanes nur 15473 Fuß (5030 m).

[77] (S. 210.) Die barometrische Messung des höchsten Gipfels vom Volcan de Puracé durch Francisco José Caldas, der, wie mein teurer Freund und Reisebegleiter, Carlos Montufar, als ein blutiges Opfer seiner Liebe für die Unabhängigkeit und Freiheit des Vaterlandes fiel, gibt Acosta zu 5184 m (15957 Fuß) an. Die Höhe des kleinen, Schwefeldampf mit heftigem Geräusch ausstoßenden Kraters (Azufral del Boqueron) habe ich 13524 Fuß (4393 m) gefunden.

[78] (S. 210.) Der Sangay ist durch seine ununterbrochene Thätigkeit und seine Lage überaus merkwürdig; noch etwas östlich entfernt von der östlichen Kordillere von Quito, südlich vom Rio Pastaza, in 26 Meilen (193 km) Abstandes von der nächsten Küste der Südsee, eine Lage, welche (wie die Vulkane des Himmelsgebirges in Asien) eben nicht die Theorie unterstützt, nach der die

östlichen Kordilleren in Chile wegen Meeresferne frei von vulkanischen Ausbrüchen sein sollen. Der geistreiche Darwin hat nicht verfehlt, dieser alten und weit verbreiteten vulkanischen Litoraletheorie in den Geological observations on South America 1846. p. 185 umständlich zu gedenken.

79 (S. 210.) Ich habe den Popocatepetl, welcher auch der Volcan grande de Mexico genannt wird, in der Ebene von Tetimba bei dem Indianerdorfe San Nicolas de los Ranchos gemessen. Es scheint mir noch immer ungewiß, welcher von beiden Vulkanen, der Popocatepetl oder der Pik von Orizaba, der höhere sei.

80 (S. 210.) Der mit ewigem Schnee bedeckte Pik von Orizaba, dessen geographische Ortsbestimmung vor meiner Reise überaus irrig auf allen Karten angegeben war, so wichtig auch dieser Punkt für die Schiffahrt bei der Landung in Veracruz ist, wurde zuerst im Jahre 1796 vom Encero aus trigonometrisch durch Ferrer gemessen. Die Messung gab 16776 Fuß (5450 m). Eine ähnliche Operation habe ich in einer kleinen Ebene bei Xalapa versucht. Ich fand nur 16302 Fuß (5295 m), aber die Höhenwinkel waren sehr klein und die Grundlinie schwierig zu nivellieren.

81 (S. 210.) Die Höhe ist unsicher, vielleicht mehr als $^1/_{15}$ zu groß.

82 (S. 210.) Ich habe den abgestumpften Kegel des Vulkanes von Tolima, der am nördlichen Ende des Paramo de Quindiu liegt, im Valle del Carvajal bei dem Städtchen Ibagne gemessen im Jahre 1802. Man sieht den Berg ebenfalls, in großer Entfernung, auf der Hochebene von Bogota. In dieser Ferne hat Caldas durch eine etwas verwickelte Kombination im Jahre 1806 ein ziemlich annäherndes Resultat (17292 Fuß = 5617 m) gefunden.

83 (S. 211.) Die absolute Höhe des Vulkanes von Arequipa ist so verschieden angegeben worden, daß es schwer wird, zwischen bloßen Schätzungen und wirklichen Messungen zu unterscheiden. Der ausgezeichnete Botaniker der Malaspinaschen Weltumseglung, Dr. Thaddäus Hänke, gebürtig aus Prag, erstieg den Vulkan von Arequipa im Jahre 1796 und fand auf dem Gipfel ein Kreuz, welches bereits 12 Jahre früher aufgerichtet war. Durch eine trigonometrische Operation soll Hänke den Vulkan 3180 Toisen (19080 Fuß = 6198 m) über dem Meere gefunden haben. Diese viel zu große Höhenangabe entstand wahrscheinlich aus einer irrigen Annahme der absoluten Höhe der Stadt Arequipa, in deren Umgebung die Operation vorgenommen wurde. Wäre damals Hänke mit einem Barometer versehen gewesen, so würde wohl, nachdem er auf den Gipfel gelangt war, ein in trigonometrischen Messungen ganz ungeübter Botaniker nicht zu einer solchen geschritten sein. Nach Hänke erstieg den Vulkan zuerst wieder Samuel Curzon aus den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Im Jahre 1830 schätzte Pentland die Höhe zu 5600 m (17240 Fuß) und diese Zahl

habe ich für meine Carte hypsométrique de la Cordillère des Andes 1831 benutzt. Mit derselben stimmt befriedigend (bis fast 1/47) die trigonometrische Messung eines französischen Seeoffiziers, Herrn Dolley, überein, die ich 1826 der wohlwollenden Mitteilung des Kapitän Alphonse de Moges in Paris verdankte. Dolley fand trigonometrisch den Gipfel des Vulkanes von Arequipa 10348 Fuß (3361 m), den Gipfel des Charcani 11126 Fuß (3614 m) über der Hochebene, in welcher die Stadt Arequipa liegt. Setzt man nun nach barometrischen Messungen von Pentland und Rivero die Stadt Arequipa 7366 Fuß (2393 m), so gibt mir Dolleys trigonometrische Operation für den Vulkan von Arequipa 17712 Fuß (2952 Toisen = 5753 m), für den Vulkan Charcani 18492 Fuß (3082 Toisen = 6006 m). Die oben citierte Höhentabelle von Pentland gibt aber für den Vulkan von Arequipa 20320 engl. Fuß, 6190 m (19065 Par. Fuß), d. i. 1825 Par. Fuß (593 m) mehr als die Bestimmung von 1830 und nur zu identisch mit Hänkes trigonometrischer Messung des Jahres 1796! Im Widerspruch mit diesem Resultat wird in den Anales de la Universidad de Chile 1852, p. 221 der Vulkan nur zu 5600 m oder 17240 Par. Fuß, also um 590 m niedriger angegeben! Ein trauriger Zustand der Hypsometrie!

[84] (S. 211.) Boussingault, begleitet von dem kenntnisvollen Obersten Hall, hat fast den Gipfel des Cotopaxi erreicht. Er gelangte nach barometrischer Messung bis zu der Höhe von 5746 m oder 17698 Fuß. Es fehlte nur ein kleiner Raum bis zum Rande des Kraters, aber die zu große Lockerheit des Schnees verhinderte das Weitersteigen. Vielleicht ist Bouguers Höhenangabe etwas zu klein, da seine komplizierte trigonometrische Berechnung von der Hypothese über die Höhe der Stadt Quito abhängt.

[85] (S. 211.) Der Sahama, welchen Pentland bestimmt noch einen thätigen Vulkan nennt, liegt nach dessen neuer Karte des Thales von Titicaca (1848) östlich von Arica in der westlichen Kordillere. Er ist 871 Fuß (283 m) höher als der Chimborazo, und das Höhenverhältnis des niedrigsten japanischen Vulkanes Kosima zum Sahama ist wie 1 zu 30. Ich habe angestanden, den chilenischen Aconcagua, der, 1835 von Fitzroy zu 21767 Par. Fuß (7069 m) angegeben, nach Pentlands Korrektion 22431 Par. Fuß (7281 m), nach der neuesten Messung (1845) des Kapitän Kellet auf der Fregatte Herald 23004 feet oder 21584 Par. Fuß (7111 m) hoch ist, in die fünfte Gruppe zu setzen, weil es nach den einander entgegengesetzten Meinungen von Miers und Charles Darwin etwas zweifelhaft bleibt, ob dieser kolossale Berg ein noch entzündeter Vulkan ist. Mary Somerville, Pentland und Gilliß leugnen auch die Entzündung. Darwin sagt: „I was surprised at hearing that the Aconcagua was in action the same night (15. Januar 1835), because this mountain most rarely shows any sign of action.“ [Der Aconcagua, jetzt zu 6834 m Seehöhe ermittelt und

der höchste Berg der Neuen Welt, ist nach den neueren Forschungen Dr. Paul Güßfeldts doch unzweifelhaft ein Vulkan, wenn auch seit Menschengedenken nicht mehr thätig. D. Herausg.]

86 (S. 211.) Diese durchbrechenden Porphyrmassen zeigen sich besonders in großer Mächtigkeit nahe am Illimani in Cenipampa (14962 Fuß = 4860 m) und Totorapampa (12860 Fuß = 4177 m); auch bildet ein glimmerhaltiger Quarzporphyr, Granaten und zugleich eckige Fragmente von Kieselschiefer einschließend, die obere Kuppe des berühmten silberreichen Cerro de Potosi (Pentland in Handschriften von 1832). Der Illimani, welchen Pentland erst zu 7315 und nachher zu 6445 m angab, ist seit dem Jahre 1847 auch der Gegenstand einer sorgfältigen Messung des Ingenieurs Pissis geworden, der bei Gelegenheit seiner großen trigonometrischen Aufnahme der Llanura de Bolivia den Illimani durch drei Triangel zwischen Calamarca und la Paz im Mittel 6509 m hoch fand, was von der letzten Pentlandschen Bestimmung nur um 64 m abweicht. [Neuere Messungen geben dem Illimani bloß 6350 m D. Herausg.]

87 (S. 213.) Strabo lib. VI. p. 276 Casaub.; Plin., Hist. Nat. III. 9: „Strongyle, quae a Lipara liquidiore flamma tantum differt; e cujus fumo quinam flaturi sint venti, in triduo praedicere incolae traduntur.“ Vgl. auch Urlichs, Vindiciae Plinianae 1853. Fasc. I, p. 39. Der einst so thätige Vulkan von Lipara (im Nordosten der Insel) scheint mir entweder der Monte Campo bianco oder Monte di Capo Castagno gewesen zu sein.

88 (S. 214.) Herr Albert Berg, der früher ein malerisches Werk, Physiognomie der tropischen Vegetation von Südamerika, herausgegeben, hat 1853 von Rhodos und der Bucht von Myra (Andriace) aus die Chimära in Lykien bei Deliktasch und Yanartasch besucht. (Das türkische Wort tâsch bedeutet Stein, wie dâgh und tâgh Berg; Deliktasch bedeutet: durchlöcherter Stein, vom türkischen delik, Loch.) Der Reisende sah das Serpentinsteingebirge zuerst bei Adrasan, während Beaufort schon bei der Insel Garabusa (nicht Grambusa), südlich vom Kap Chelidonia, den dunkelfarbigen Serpentin auf Kalkstein angelagert, vielleicht ihm eingelagert, fand. „Nahe bei den Ueberbleibseln des alten Vulkantempels erheben sich die Reste einer christlichen Kirche im späteren byzantinischen Stile, Reste des Hauptschiffes und zweier Seitenkapellen. In einem gegen Osten gelegenen Vorhofe bricht die Flamme in dem Serpentingestein aus einer etwa 2 Fuß (1 m) breiten und 1 Fuß (60 cm) hohen, kaminartigen Oeffnung hervor. Sie schlägt 3 bis 4 Fuß (1 bis 1,3 m) in die Höhe und verbreitet (als Naphthaquelle?) einen Wohlgeruch, der sich bis in die Entfernung von 40 Schritten bemerkbar macht. Neben dieser großen Flamme und außerhalb der kaminartigen Oeffnung erscheinen auch auf Nebenspalten mehrere sehr kleine, immer ent-

zündete, züngelnde Flammen. Das Gestein, von der Flamme berührt, ist stark geschwärzt, und der abgesetzte Ruß wird gesammelt zur Linderung der Schmerzen in den Augenlidern und besonders zur Färbung der Augenbrauen. In drei Schritt Entfernung von der Chimäraflamme ist die Wärme, die sie verbreitet, schwer zu ertragen. Ein Stück dürres Holz entzündet sich, wenn man es in die Oeffnung hält und der Flamme nähert, ohne sie zu berühren. Da, wo das alte Gemäuer an den Felsen angelehnt ist, dringt auch aus den Zwischenräumen der Steine des Gemäuers Gas aus, das, wahrscheinlich von niederer Temperatur oder anders gemengt, sich nicht von selbst entzündet, wohl aber durch ein genähertes Licht. Acht Fuß (2,6 m) unter der großen Flamme, im Inneren der Ruine, findet sich eine runde, 6 Fuß (2 m) tiefe, aber nur 3 Fuß (1 m) weite Oeffnung, welche wahrscheinlich einst überwölbt war, weil ein Wasserquell dort in der feuchten Jahreszeit ausbricht, neben einer Spalte, über der ein Flämmchen spielt." (Aus der Handschrift des Reisenden.) — Auf einem Situationsplane zeigt Berg die geographischen Verhältnisse der Alluvialschichten, des (Tertiär-?) Kalksteines und des Serpentingebirges.

[89] (S. 214.) Die älteste und wichtigste Notiz über den Vulkan von Masaya ist in einem erst vor 14 Jahren von dem verdienstvollen historischen Sammler Ternaux-Compans edierten Manuskripte Oviedos: Historia de Nicaragua (cap. V—X) enthalten. So weit berufen war der unausgesetzt speiende Berg, daß sich in der königlichen Bibliothek zu Madrid eine eigene Monographie von dem Vulkan Masaya unter dem Titel vorfindet: Entrada y descubrimiento del Volcan de Masaya, que está en la Prov. de Nicaragua, fecha por Juan Sanchez del Portero. Der Verfasser war einer von denen, welche sich in den wunderbaren Expeditionen des Dominikanermönchs Fray Blas de Iñesta in den Krater hinabließen.

[90] (S. 215.) In der von Ternaux-Compans gegebenen französischen Uebersetzung heißt es p. 123 und 132: „On ne peut cependant dire qu'il sorte précisément une flamme du cratère, mais bien une fumée aussi ardente que du feu; on ne la voit pas de loin pendant le jour, mais bien de nuit. Le Volcan éclaire autant que le fait la lune quelques jours avant d'être dans son plein.“ Diese so alte Bemerkung über die problematische Art der Erleuchtung eines Kraters und der darüber stehenden Luftschichten ist nicht ohne Bedeutung, wegen der so oft in neuester Zeit angeregten Zweifel über die Entbindung von Wasserstoffgas aus den Kratern der Vulkane. Wenn auch in dem gewöhnlichen hier bezeichneten Zustande die Hölle von Masaya nicht Schlacken oder Asche auswarf (Gomara setzt hinzu: cosa que hazen otros volcanes), so hat sie doch bisweilen wirkliche Lavaausbrüche gehabt und zwar wahrscheinlich den letzten im Jahre 1670. Seitdem ist der Vulkan ganz erloschen, nachdem ein perpetuier-

liches Leuchten 140 Jahre lang beobachtet worden war. Stephens, der ihn 1840 bestieg, fand keine bemerkbare Spur der Entzündung. Ueber die Chorotegasprache, die Bedeutung des Wortes Masaya und die Maribios s. Buschmanns scharfsinnige ethnographische Untersuchungen über die aztekischen Ortsnamen, S. 130, 140 und 171.

[91] (S. 215.) „Les trois compagnons convinrent de dire qu'ils avaient trouvé de grandes richesses; et Fray Blas, que j'ai connu comme un homme ambitieux, rapporte dans sa relation le serment que lui et les associés firent sur l'évangile, de persister à jamais dans leur opinion que le volcan contient de l'or mêlé d'argent en fusion!" Oviedo, Descr. de Nicaragua cap. X, p. 186 und 196. Der Chronista de las Indias ist übrigens sehr darüber erzürnt (cap. V), daß Fray Blas erzählt habe, „Oviedo habe sich die Hölle von Masaya vom Kaiser zum Wappen erbeten". Gegen heraldische Gewohnheiten der Zeit wäre solche geognostische Erinnerung übrigens nicht gewesen, denn der tapfere Diego de Ordaz, der sich rühmte, als Cortes zuerst in das Thal von Mexiko eindrang, bis an den Krater des Popocatepetl gelangt zu sein, erhielt diesen Vulkan, wie Oviedo das Gestirn des südlichen Kreuzes, und am frühesten Kolumbus ein Fragment von einer Landkarte der Antillen, als einen heraldischen Schmuck.

[92] (S. 216.) Die Höhe des Vulkanes von Jorullo habe ich über der Ebene, in welcher er aufgestiegen, 1578 Fuß, über der Meeresfläche 4002 Fuß (1300 m) gefunden.

[93] (S. 217.) In dem Landhause des Marques de Selvalegre, des Vaters meines unglücklichen Begleiters und Freundes Don Carlos Montufar, war man oft geneigt, die bramidos, welche dem Abfeuern einer fernen Batterie schweren Geschützes glichen und in ihrer Intensität, bei gleichem Winde, gleicher Heiterkeit der Luft und gleicher Temperatur, so überaus ungleich waren, nicht dem Sangay, sondern dem Guacamayo, einem 10 geographische Meilen (74 km) näheren Berge, zuzuschreiben, an dessen Fuße ein Weg von Quito über die Hacienda de Antisana nach den Ebenen von Archidona und des Rio Napo führt. Don Jorge Juan, welcher den Sangay in größerer Nähe als ich hat donnern hören, sagt bestimmt, daß die bramidos, die er ronquidos del Volcan nennt und in Pintac, wenige Meilen von der Hacienda de Chillo, vernahm, dem Sangay oder Volcan de Macas zugehören, dessen Stimme, wenn ich mich des Ausdruckes bedienen darf, sehr charakteristisch sei. Dem spanischen Astronomen schien diese Stimme besonders rauh, daher er sie lieber ein Schnarchen (un ronquido) als ein Gebrüll (bramido) nennt. Das sehr unheimliche Geräusch des Vulkanes Pichincha, das ich mehrmals ohne darauf erfolgende Erdstöße bei Nacht, in der Stadt Quito, gehört, hat etwas Hellklirrendes, als würde mit Ketten gerasselt und als stürzten glasartige Massen auf-

einander. Am Sangay beschreibt Wisse das Geräusch bald wie rollenden Donner, bald abgesetzt und trocken, als befände man sich in nahem Pelotonfeuer. Bis Payta und San Buenaventura (im Choco), wo die bramidos des Sangay, d. i. sein Krachen, gehört wurden, sind vom Gipfel des Vulkanes in südwestlicher Richtung 63 und 87 geographische Meilen (467 und 645 km). So sind in dieser mächtigen Natur, den Tunguragua und den Quito näheren Cotopaxi, dessen Krachen ich im Februar 1803 in der Südsee gehört habe, mit eingerechnet, an nahen Punkten die Stimmen von vier Vulkanen vernommen worden. Die Alten erwähnen auch „des Unterschiedes des Getöses", welches auf den äolischen Inseln zu verschiedenen Zeiten derselbe Feuerschlund gebe. Bei dem großen Ausbruch (23. Januar 1835) des Vulkanes von Conseguina, welcher an der Südseeküste am Eingange des Golfes von Fonseca in Centralamerika liegt, war die unterirdische Fortpflanzung des Schalles so groß, daß man letzteren auf der Hochebene von Bogota deutlichst vernahm, eine Entfernung, wie die vom Aetna bis Hamburg.

[94] (S. 219.) Vergl. Strabo lib. V, p. 248 Casaub.: ἔχει κοιλίας τινάς; und lib. IV, p. 276. — Ueber eine zweifache Entstehungsart der Inseln äußert sich der Geograph von Amasia mit vielem geologischen Scharfsinn. „Einige Inseln," sagt er (und er nennt sie), „sind Bruchstücke des festen Landes; andere sind aus dem Meere, wie noch jetzt sich zuträgt, hervorgegangen. Denn die Hochseeinseln (die weit hinaus im Meere liegenden) wurden wahrscheinlich aus der Tiefe emporgehoben, hingegen die an Vorgebirgen liegenden und durch eine Meerenge getrennten ist es vernunftgemäßer als vom Festlande abgerissen zu betrachten." (Nach Verdeutschung von Groskurd.) — Die kleine Gruppe der Pithecusen bestand aus Ischia, wohl ursprünglich Aenaria genannt, und Procida (Prochyta). Warum man sich diese Gruppe als einen alten Affensitz dachte, warum die Griechen und die italischen Tyrrhener, also Etrusker, ihn als solchen benannten (Affen heißen tyrrhenisch ἄριμοι), bleibt sehr dunkel, und hängt vielleicht mit dem Mythus zusammen, nach welchem die alten Bewohner von Jupiter in Affen verwandelt wurden. Der Affenname ἄριμοι erinnerte an Arima oder die Arimer des Homer und des Hesiodus. Die Worte εἰν Ἀρίμοις des Homer werden in einigen Kodd. in eines zusammengezogen, und in dieser Zusammenziehung finden wir den Namen bei den römischen Schriftstellern. Plinius sagt sogar bestimmt: „Aenaria Homero Inarime dicta, Graecis Pithecusa...." Das homerische Land der Arimer, Typhons Lagerstätte, hat man im Altertume selbst gesucht in Cilicien, Mysien, Lydien, in den vulkanischen Pithecusen, an dem Crater Puteolanus und in dem phrygischen Brandland, unter welchem Typhon einst lag, ja in der Katakekaumene. Daß in historischen Zeiten Affen auf Ischia gelebt haben, so fern von der afrikanischen Küste, ist um so unwahrscheinlicher, als, wie ich schon an einem anderen Orte bemerkt,

selbst am Felsen von Gibraltar das alte Dasein der Affen nicht erwiesen scheint, weil Edrisi (im 12. Jahrhundert) und andere, die Herkulesstraße so umständlich beschreibende, arabische Geographen ihrer nicht erwähnen. Plinius leugnet auch die Affen von Aenaria, leitet aber den Namen der Pithecusen auf die unwahrscheinlichste Weise von πίθος, dolium (a figlinis doliorum), her. „Die Hauptsache in dieser Untersuchung scheint mir," sagt Böckh, „daß Inarima ein durch gelehrte Deutung und Fiktion entstandener Name der Pithecusen ist, wie Corcyra auf diese Weise zu Scheria wurde, und daß Aeneas mit den Pithecusen (Aeneae insulae) wohl erst durch die Römer in Verbindung gesetzt worden ist, welche überall in diesen Gegenden ihren Stammvater finden. Für den Zusammenhang mit Aeneas soll auch Nävius zeugen im ersten Buche vom punischen Kriege."

95) (S. 219.) Wir haben bereits oben bemerkt, daß Typhon vom Kaukasus nach Unteritalien floh, als deute die Mythe an, daß die vulkanischen Ausbrüche im letzteren Lande minder alt seien wie die auf dem kaukasischen Isthmus. Von der Geographie der Vulkane, wie von ihrer Geschichte ist die Betrachtung mythischer Ansichten im Volksglauben nicht zu trennen. Beide erläutern sich oft gegenseitig. Was auf der Oberfläche der Erde für die mächtigste der bewegenden Kräfte gehalten wurde, der Wind, das eingeschlossene Pneuma, wurde als die allgemeine Ursache der Vulkanizität (der feuerspeienden Berge und der Erdbeben) erkannt. Die Naturbetrachtung des Aristoteles war auf die Wechselwirkung der äußeren und der inneren, unterirdischen Luft, auf eine Ausdünstungstheorie, auf Unterschiede von warm und kalt, von feucht und trocken, gegründet. Je größer die Masse des „in unterirdischen und unterseeischen Hohlgängen" eingeschlossenen Windes ist, je mehr sie gehindert sind, in ihrer natürlichen, wesentlichen Eigenschaft, sich weithin und schnell zu bewegen, desto heftiger werden die Ausbrüche. „Vis fera ventorum, caecis inclusa cavernis" (Ovid, Metam. XV, 299.) Zwischen dem Pneuma und dem Feuer ist ein eigener Verkehr. (Τὸ πῦρ ὅταν μετὰ πνεύματος ᾖ, γίνεται φλὸξ καὶ φέρεται ταχέως. Aristot., Meteor. II, 8. 3. — καὶ γὰρ τὸ πῦρ οἷον πνεύματός τις φύσις. Theophrast, De igne § 30, p. 715.) Auch aus den Wolken sendet das plötzlich frei gewordene Pneuma den zündenden und weitleuchtenden Wetterstrahl (πρηστήρ). „In dem Brandlande, der Katakekaumene von Lydien," sagt Strabo, „werden noch drei, volle vierzig Stadien voneinander entfernte Schlünde gezeigt, welche die Blasebälge heißen; darüber liegen rauhe Hügel, welche wahrscheinlich von den emporgeblasenen Glühmassen aufgeschichtet wurden." Schon früher hatte der Amasier angeführt, daß „zwischen den Kykladen (Thera und Therasia) vier Tage lang Feuerflammen aus dem Meere hervorbrachen, so daß die ganze See siedete und brannte, und es wurde wie durch Hebel allmählich emporgehoben eine aus

Glühmassen zusammengesetzte Insel." Alle diese so wohl beschriebenen Erscheinungen werden dem zusammengepreßten Winde beigemessen, der wie elastische Dämpfe wirken soll. Die alte Physik kümmert sich wenig um die einzelnen Wesenheiten des Stoffartigen, sie ist dynamisch und hängt an dem Maße der bewegenden Kraft. — Die Ansicht von der mit der Tiefe zunehmenden Wärme des Planeten als Ursache von Vulkanen und Erdbeben finden wir erst gegen das Ende des 3. Jahrhunderts ganz vereinzelt unter Diokletian von einem christlichen Bischof in Afrika ausgesprochen. Der Pyriphlegethon des Plato nährt als Feuerstrom, der im Erdinneren kreist, alle lavagebenden Vulkane, wie wir schon oben (S. 175) im Texte erwähnt haben. In den frühesten Ahnungen der Menschheit, in einem engen Ideenkreise liegen die Keime von dem, was wir jetzt unter der Form anderer Symbole erklären zu können glauben.

[96] (S. 221.) Mount Edgecombe oder der St. Lazarusberg, auf der kleinen Insel (Crooze's Island bei Lisiansky), welche westlich neben der Nordhälfte der größeren Insel Sitka oder Baranow im Norfolksunde liegt, schon von Cook gesehen; ein Hügel, teils von olivinreichem Basalt, teils aus Feldspattrachyt zusammengesetzt, von nur 2600 Fuß (845 m) Höhe. Seine letzte große Eruption, viel Bimsstein zu Tage fördernd, war vom Jahre 1796. Acht Jahre darauf gelangte Kapitän Lisiansky an den Gipfel, der einen Kratersee enthält. Er fand damals an dem ganzen Berge keine Spuren der Thätigkeit.

[97] (S. 222.) Schon unter der spanischen Oberherrschaft hatte 1781 der spanische Ingenieur, Don José Galisteo, eine nur 6 Fuß (2 m) größere Höhe des Spiegels der Laguna von Nicaragua gefunden als Baily in seinen verschiedenen Nivellements von 1838.

[98] (S. 222.) Ich befand mich im Papagayosturm nach meiner chronometrischen Länge 19° 11′ westlich vom Meridian von Guayaquil, also 101° 29′ westlich von Paris, 220 geogr. Meilen (1630 km) westlich von dem Litorale von Costarica.

[99] (S. 223.) Meine früheste Arbeit über 17 gereihete Vulkane von Guatemala und Nicaragua ist in der geographischen Zeitschrift von Berghaus enthalten. Ich konnte damals außer dem alten Chronista Fuentes nur benutzen die wichtige Schrift von Domingo Juarros: Compendio de la Historia de la ciudad de Guatemala, wie die drei Karten von Galisteo (auf Befehl des mexikanischen Vizekönigs Matias de Galvez aufgenommen), von José Rossi y Rubi (Alcalde mayor de Guatemala, 1800) und von Joaquin Yssasi und Antonio de la Cerda (Alcalde de Granada), die ich großenteils handschriftlich besaß. Leopold von Buch hat in der französischen Uebersetzung seines Werkes über die Kanarischen Inseln meinen ersten Entwurf meisterhaft erweitert, aber die Ungewißheit der geographischen Synonymie und die dadurch veranlaßten Namensverwechselungen haben viele

Zweifel erregt, welche durch die schöne Karte von Baily und Saunders, durch Molina, Bosquejo de la Republica de Costarica und durch das große, sehr verdienstvolle Werk von Squier (Nicaragua, its people and monuments, with tables of the comparative heights of the mountains in Central Amerika, 1852) großenteils gelöst worden sind. Das wichtige Reisewerk, welches uns sehr bald Dr. Oersted unter dem Titel: Schilderung der Naturverhältnisse von Nicaragua und Costarica zu geben verspricht, wird neben ausgezeichneten botanischen und zoologischen Forschungen, welche der Hauptzweck der Unternehmung waren, auch Licht auf die geognostische Beschaffenheit von Centralamerika werfen. Herr Oersted hat von 1846 bis 1848 dasselbe mannigfach durchstrichen und eine Sammlung von Gebirgsarten nach Kopenhagen zurückgebracht. Seinen freundschaftlichen Mitteilungen verdanke ich interessante Berichtigungen meiner fragmentarischen Arbeit. Nach den mir bekannt gewordenen, mit vieler Sorgfalt verglichenen Materialien, denen auch die sehr schätzbaren des preußischen Generalkonsuls in Centralamerika, Herrn Hesse, beizuzählen sind, stelle ich die Vulkane von Centralamerika, von Süden gegen Norden fortschreitend, folgendermaßen zusammen:

Ueber die Central-Hochebene von Cartago (4360 Fuß = 1416 m), in der Republik Costarica (Br. 10° 9′) erheben sich die drei Vulkane Turrialva, Irasu und Reventado, von denen die ersten beiden noch entzündet sind.

Volcan de Turrialva* (Höhe ungefähr 10300 Fuß = 3345 m), ist nach Oersted vom Irasu nur durch eine tiefe, schmale Kluft getrennt. Sein Gipfel, aus welchem Rauchsäulen aufsteigen, ist noch unbestiegen.

Vulkan Irasu*, auch der Vulkan von Cartago genannt (10412 Fuß = 3382 m), in Nordost vom Vulkan Reventado, ist die Hauptesse der vulkanischen Thätigkeit auf Costarica, doch sonderbar zugänglich und gegen Süden dergestalt in Terrassen geteilt, daß man den hohen Gipfel, von welchem beide Meere, das der Antillen und die Südsee, gesehen werden, fast ganz zu Pferde erreichen kann. Der etwa 1000 Fuß hohe Aschen- und Rapillikegel steigt aus einer Umwallungsmauer (einem Erhebungskrater) auf. In dem flacheren nordöstlichen Teile des Gipfels liegt der eigentliche Krater, von 7000 Fuß (2270 m) im Umfang, der nie Lava ausgesendet hat. Seine Schlackenauswürfe sind oft (1723, 1726, 1821, 1847) von städtezerstörenden Erdbeben begleitet gewesen; diese haben gewirkt von Nicaragua oder Rivas bis Panama. Bei einer neuesten Besteigung des Irasu durch Dr. Carl Hoffmann im Anfang Mai 1855 sind der Gipfelkrater und seine Auswurfsöffnungen genauer erforscht worden. Die Höhe des Vulkanes wird nach einer trigonometrischen Messung von Galindo zu 12000 span. Fuß angegeben oder, die vara cast. = 0,43 Toisen angesetzt, zu 10320 Par. Fuß (3352 m).

El Reventado (8900 Fuß = 2890 m), mit einem tiefen Krater, dessen südlicher Rand eingestürzt ist und der vormals mit Wasser gefüllt war.

Vulkan Barba (über 7900 Fuß = 2566 m), nördlich von San José, der Hauptstadt von Costarica, mit einem Krater, der mehrere kleine Seen einschließt.

Zwischen den Vulkanen Barba und Orosi folgt eine Reihe von Vulkanen, welche die in Costarica und Nicaragua SO—NW streichende Hauptkette in fast entgegengesetzter Richtung, ost-westlich, durchschneidet. Auf einer solchen Spalte stehen: am östlichsten Miravalles und Tenorio (jeder dieser Vulkane ungefähr 4400 Fuß = 1430 m); in der Mitte, südöstlich von Orasi, der Vulkan Rincon, auch Rincon de la Vieja* genannt, welcher jedes Frühjahr beim Beginn der Regenzeit kleine Aschenauswürfe zeigt; am westlichsten bei der kleinen Stadt Alajuela, der schwefelreiche Vulkan Votos* (7050 Fuß = 2290 m). Dr. Oersted vergleicht dieses Phänomen der Richtung vulkanischer Thätigkeit auf einer Querspalte mit der ost-westlichen Richtung, die ich bei den mexikanischen Vulkanen von Meer zu Meer aufgefunden.

Orosi*, noch jetzt entzündet, im südlichsten Teile des Staates von Nicaragua (4900 Fuß = 1590 m); wahrscheinlich der Volcan del Papagayo auf der Seekarte des Deposito hydrografico.

Die zwei Vulkane Mandeira und Ometepec* (3900 und 4900 Fuß = 1266 und 1590 m), auf einer kleinen, von den aztekischen Bewohnern der Gegend nach diesen zwei Bergen benannten Insel (ome tepetl bedeutet zwei Berge), in dem westlichen Teile der Laguna de Nicaragua. Der Inselvulkan Ometepec, fälschlich von Juarros Ometep genannt, ist noch thätig. Er findet sich abgebildet bei Squier Vol. II, p. 235.

Der ausgebrannte Krater der Insel Zapatera, wenig erhaben über dem Seespiegel. Die Zeit der alten Ausbrüche ist völlig unbekannt.

Der Vulkan von Momobacho, am westlichen Ufer der Laguna de Nicaragua, etwas in Süden von der Stadt Granada. Da diese Stadt zwischen den Vulkanen von Momobacho (der Ort wird auch Mombacho genannt) und Masaya liegt, so bezeichnen die Piloten bald den einen, bald den anderen dieser Kegelberge mit dem unbestimmten Namen des Vulkans von Granada.

Vulkan Massaya (Masaya), von dem bereits oben umständlicher gehandelt worden ist, einst ein Stromboli, aber seit dem großen Lavaausbruch von 1670 erloschen. Nach den interessanten Berichten von Dr. Scherzer wurden im April 1853 aus einem neu eröffneten Krater wieder starke Dampfwolken ausgestoßen. Der Vulkan von Masaya liegt zwischen den beiden Seen von Nicaragua und Managua, im Westen der Stadt Granada. Masaya ist nicht synonym mit dem Nindiri, sondern Masaya und Nindiri* bilden, wie Dr. Oersted sich ausdrückt, einen Zwillingsvulkan

mit zwei Gipfeln und zwei verschiedenen Kratern, die beide Lavaströme gegeben haben. Der Lavastrom des Nindiri von 1775 hat den See von Managua erreicht. Die gleiche Höhe beider so nahen Vulkane wird nur zu 2300 Fuß (747 m) angegeben.

Volcan de Momotombo* (6600 Fuß = 2144 m), entzündet, auch oft donnernd, ohne zu rauchen, in Br. 12° 28′, an dem nördlichen Ende der Laguna de Managua, der kleinen, skulpturreichen Insel Momotombito gegenüber. Die Laguna de Managua liegt 26 Fuß (8,5 m) höher als die mehr als doppelt größere Laguna de Nicaragua und hat keinen Inselvulkan.

Von hier an bis zu dem Golf von Fonseca oder Conchagua zieht sich, in 5 Meilen (37 km) Entfernung von der Südseeküste, von SO nach NW eine Reihe von 6 Vulkanen hin, welche dicht aneinander gedrängt sind und den gemeinsamen Namen los Maribios führen.

El Nuevo*, fälschlich Volcan de las Pilas genannt, weil der Ausbruch vom 12. April 1850 am Fuße dieses Berges stattfand, ein starker Lavaausbruch fast in der Ebene selbst!

Volcan de Telica*, schon im 16. Jahrhundert (gegen 1529), während seiner Thätigkeit von Oviedo besucht, östlich von Chinandega, nahe bei Leon de Nicaragua, also etwas außerhalb der vorher angegebenen Richtung. Dieser wichtige Vulkan, welcher viele Schwefeldämpfe aus einem 300 Fuß (97 m) tiefen Krater ausstößt, ist vor wenigen Jahren von dem mir befreundeten, naturwissenschaftlich sehr unterrichteten Prof. Julius Fröbel bestiegen worden. Er fand die Lava aus glasigem Feldspat und Augit zusammengesetzt. Auf dem Gipfel, in 3300 Fuß (1072 m) Höhe, liegt ein Krater, in welchem die Dämpfe große Massen Schwefels absetzen. Am Fuße des Vulkanes ist eine Schlammquelle (Salse?).

Vulkan el Viejo*, der nördlichste der gedrängten Reihe von sechs Vulkanen. Er ist vom Kapitän Sir Edward Belcher im Jahre 1838 bestiegen und gemessen worden. Das Resultat der Messung war 5216 Fuß. Eine neuere Messung von Squier gab 5630 Fuß (1828 m). Dieser schon zu Dampiers Zeiten sehr thätige Vulkan ist noch entzündet. Die feurigen Schlackenauswürfe werden häufig in der Stadt Leon gesehen.

Vulkan Guanacaure, etwas nördlich außerhalb der Reihe von El Nuevo zum Viejo, nur 3 Meilen (22 km) von der Küste des Golfs von Fonseca entfernt.

Vulkan Conseguina*, auf dem Vorgebirge, welches an dem südlichen Ende des großen Golfs von Fonseca vortritt (Br. 12° 50′); berühmt durch den furchtbaren, durch Erdbeben verkündigten Ausbruch vom 23. Januar 1835. Die große Verfinsterung bei dem Aschenfall, der ähnlich, welche bisweilen der Vulkan Pichincha verursacht hat, dauerte 43 Stunden lang. In der Entfernung weniger Fuße waren Feuerbrände nicht zu erkennen. Die Respiration war gehindert, und unterirdisches Getöse, gleich dem Abfeuern schweren

Geschützes, wurde nicht nur in Balize auf der Halbinsel Yucatan, sondern auch auf dem Litorale von Jamaika und auf der Hochebene von Bogota, in letzterer auf mehr als 8000 Fuß (2600 m) Höhe über dem Meere, wie in fast 140 geographischen Meilen (1040 km) Entfernung gehört. Darwin macht auf ein sonderbares Zusammentreffen von Erscheinungen aufmerksam; nach langem Schlummer brachen an einem Tage (zufällig?) Conseguina in Centralamerika, Aconcagua und Corcovado (südl. Breite $32^3/_4{}^0$ und $43^1/_2{}^0$) in Chile aus.

Vulkan von Conchagua oder von Amalapa, an dem nördlichen Eingange des Golfs von Fonseca, dem Vulkan Conseguina gegenüber, bei dem schönen Puerto de la Union, dem Hafen der nahen Stadt San Miguel.

Von dem Staate von Costarica an bis zu dem Vulkan Conchagua folgt demnach die gedrängte Reihe von 20 Vulkanen der Richtung SO—NW; bei Conchagua aber in den Staat von San Salvador eintretend, welcher in der geringen Länge von 40 geograph. Meilen (296 km) 5 jetzt mehr oder weniger thätige Vulkane zählt, wendet sich die Reihung, wie die Südseeküste selbst, mehr OSO—WNW, ja fast O—W, während das Land gegen die östliche, antillische Küste (gegen das Vorgebirge Gracias à Dios) hin in Honduras und los Mosquitos plötzlich auffallend schwillt (vergl. oben S. 221). Erst von den hohen Vulkanen von Altguatemala an in Norden tritt, wie schon bemerkt wurde, gegen die Laguna von Atitlan hin, die ältere, allgemeine Richtung N 45° W wiederum ein, bis endlich in Chiapas und auf dem Isthmus von Tehuantepec sich noch einmal, doch in unvulkanischen Gebirgsketten, die abnorme Richtung O—W offenbart. Der Vulkane des Staates San Salvador sind außer dem von Conchagua noch folgende vier:

Vulkan von San Miguel Bosotlan* (Br. 13° 35′), bei der Stadt gleichen Namens, der schönste und regelmäßigste Trachytkegel nächst dem Inselvulkan Ometepec im See von Nicaragua. Die vulkanischen Kräfte sind im Bosotlan sehr thätig; derselbe hatte einen großen Lavaerguß am 20. Juli 1844.

Vulkan von San Vicente*, westlich vom Rio de Lempa, zwischen den Städten Sacatecoluca und Sacatelepe. Ein großer Aschenauswurf geschah nach Juarros 1643, und im Januar 1835 war bei vielem zerstörenden Erdbeben eine lang dauernde Eruption.

Vulkan von San Salvador (Br. 13° 47′), nahe bei der Stadt dieses Namens. Der letzte Ausbruch ist der von 1656 gewesen. Die ganze Umgegend ist heftigen Erdstößen ausgesetzt; der vom 16. April 1854, dem kein Getöse voranging, hat fast alle Gebäude in San Salvador umgestürzt.

Vulkan von Izalco*, bei dem Dorfe gleichen Namens, oft Ammoniak erzeugend. Der erste historisch bekannte Ausbruch geschah am 23. Februar 1770; die letzten, weitleuchtenden Ausbrüche waren im April 1798, 1805 bis 1807 und 1825.

Volcan de Pacaya* (Br. 14° 23′), ungefähr 3 Meilen (22 km) in Südosten von der Stadt Neuguatemala, am kleinen Alpensee Amatitlan; ein sehr thätiger, oft flammender Vulkan, ein gedehnter Rücken mit drei Kuppen. Man kennt die großen Ausbrüche von 1565, 1651, 1671, 1677 und 1775; der letzte, viel Lava gebende, ist von Juarros als Augenzeugen beschrieben.

Es folgen nun die beiden Vulkane von Altguatemala, mit den sonderbaren Benennungen de Agua und de Fuego, in der Breite von 14° 12′, der Küste nahe.

Volcan de Agua, ein Trachytkegel bei Escuintla, höher als der Pik von Tenerifa, von Obsidianmassen (Zeugen alter Eruptionen?) umgeben. Der Vulkan, welcher in die ewige Schneeregion reicht, hat seinen Namen davon erhalten, daß ihm im September 1541 eine (durch Erdbeben und Schneeschmelzen veranlaßte?) große Ueberschwemmung zugeschrieben wurde, welche die am frühesten gegründete Stadt Guatemala zerstörte und die Erbauung der zweiten, nord-nord-westlicher gelegenen und jetzt Antigua Guatemala genannten Stadt veranlaßte.

Volcan de Fuego*, bei Acatenango, fünf Meilen (37 km) in WNW vom sogenannten Wasservulkan. Ueber die gegenseitige Lage s. die in Guatemala gestochene und mir von da aus geschenkte, seltene Karte des Alcalde major, Don José Rossi y Rubi, Bosquejo del espacio que media entre los estremos de la Provincia de Suchitepeques y la Capital de Guatemala, 1800. Der Volcan de Fuego ist immer entzündet, doch jetzt viel weniger als ehemals. Die älteren großen Eruptionen waren von 1581, 1586, 1623, 1705, 1710, 1717, 1732, 1737 und 1799; aber nicht sowohl diese Eruptionen, sondern die zerstörenden Erdbeben, welche sie begleiteten, haben in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts die spanische Regierung bewogen, den zweiten Sitz der Stadt (wo jetzt die Ruinen von la Antigua Guatemala stehen) zu verlassen und die Einwohner zu zwingen, sich nördlicher, in der neuen Stadt Santiago de Guatemala, anzusiedeln. Hier, wie bei der Verlegung von Riobamba und mehrerer anderer den Vulkanen der Andeskette naher Städte, ist dogmatisch und leidenschaftlich ein Streit geführt worden über die problematische Auswahl einer Lokalität, „von der man nach den bisherigen Erfahrungen vermuten dürfte, daß sie den Einwirkungen naher Vulkane (Lavaströmen, Schlackenauswürfen und Erdbeben!) wenig ausgesetzt wäre". Der Volcan de Fuego hat 1852 in einem großen Ausbruch einen Lavastrom gegen das Litorale der Südsee ergossen. Kapitän Basil Hall maß unter Segel beide Vulkane von Altguatemala und fand für den Volcan de Fuego 13 760 Par. Fuß (4469 m), für den Volcan de Agua 13 983 Par. Fuß (4542 m). Die Fundamente dieser Messung hat Poggendorff geprüft. Er hat die mittlere Höhe beider Berge geringer gefunden und auf ungefähr 12300 Fuß (3996 m) reduziert.

Volcan de Quesaltenango* (Br. 15° 10′), entzündet seit 1821 und rauchend, neben der Stadt gleichen Namens; ebenso sollen entzündet sein die drei Kegelberge, welche südlich den Alpensee Atitlan (im Gebirgsstock Solola) begrenzen. Der von Juarros benannte Vulkan von Tajamulco kann wohl nicht mit dem Vulkan von Quesaltenango identisch sein, da dieser von dem Dörfchen Tajamulco, südlich von Tejutla, 10 geogr. Meilen (74 km) in NW entfernt ist.

Was sind die zwei von Funel genannten Vulkane von Sacatepeques und Sapotitlan, oder Brués Volcan de Amilpas?

Der große Vulkan von Soconusco, liegend an der Grenze von Chiapas, 7 Meilen (52 km) südlich von Ciudad Real, in Breite 16° 2′.

Ich glaube am Schluß dieser langen Note abermals erinnern zu müssen, daß die hier angegebenen barometrischen Höhenbestimmungen teils von Espinache herrühren, teils den Schriften und Karten von Baily, Squier und Molina entlehnt, und in Pariser Fußen ausgedrückt sind.

[100] (S. 223.) Als gegenwärtig mehr oder weniger thätige Vulkane sind mit Wahrscheinlichkeit folgende 18 zu betrachten, also fast die Hälfte aller von mir aufgeführten, in der Vor- und Jetztzeit thätigen Vulkane: Irasu und Turrialva bei Cartago, el Rincon de la Vieja, Votos(?) und Orosi, der Inselvulkan Ometepec, Nindiri, Momotombo, el Nuevo am Fuße des Trachytgebirges las Pilas, Telica, el Viejo, Conseguina, San Miguel Bosotlan, San Vicente, Izalco, Pacaya, Volcan de Fuego (de Guatemala) und Quesaltenango. Die neuesten Ausbrüche sind gewesen: die von el Nuevo bei las Pilas 18. April 1850, San Miguel Bosotlan 1848, Conseguina und San Vicente 1835, Izalco 1825, Volcan de Fuego bei Neuguatemala 1799 und 1852, Pacaya 1775.

[101] (S. 225.) Ueber die astronomische Ortsbestimmung des Vulkanes von Colima, nahe der Südseeküste, habe ich selbst früh Zweifel erregt. Nach Höhenwinkeln, die Kapitän Basil Hall unter Segel genommen, läge der Vulkan in Br. 19° 36′, also einen halben Grad nördlicher, als ich seine Lage aus Itinerarien geschlossen; freilich ohne absolute Bestimmungen für Selagua und Petatlan, auf die ich mich stützte. Die Breite 19° 25′, welche ich im Text angegeben habe, ist, wie die Höhenbestimmung (11 266 Fuß = 3360 m), vom Kapitän Beechey. Die neueste Karte von Laurie (The Mexican and Central States of America 1853), gibt 19° 20′ für die Breite an. Auch kann die Breite vom Jorullo um 2 bis 3 Minuten falsch sein, da ich dort ganz mit geologischen und topographischen Arbeiten beschäftigt war, und weder die Sonne noch Sterne zur Breitenbestimmung sichtbar wurden. Nach den treuen, so überaus malerischen Ansichten, welche Moritz Rugendas von dem Vulkan von Colima entworfen und die in dem Berliner Museum aufbewahrt

werden, unterscheidet man zwei einander nahe Berge, den eigentlichen, immer Rauch ausstoßenden Vulkan, der sich mit wenig Schnee bedeckt, und die höhere Nevada, welche tief in die Region des ewigen Schnees aufsteigt.

[102] (S. 228.) Folgendes ist das Resultat der Längenbestimmung von den fünf Gruppen der Reihenvulkane in der Andeskette, wie auch die Angabe der Entfernung der Gruppen voneinander, eine Angabe, welche die Verhältnisse des Areals erläutert, das vulkanisch oder unvulkanisch ist:

I. Gruppe der mexikanischen Vulkane. Die Spalte, auf der die Vulkane ausgebrochen sind, ist von Ost nach West gerichtet, vom Orizaba bis zum Colima, in einer Erstreckung von 98 geogr. Meilen (725 km), zwischen Breite 19° und 19° 20′. Der Vulkan von Tuxtla liegt isoliert 32 Meilen (237 km) östlicher als Orizaba, der Küste des Mexikanischen Golfes nahe, und in einem Parallelkreise (18° 28′), der einen halben Grad südlicher ist.

II. Entfernung der mexikanischen Gruppe von der nächstfolgenden Gruppe Centralamerikas (Abstand vom Vulkan von Orizaba zum Vulkan von Soconusco in der Richtung OSO nach WNW), 75 Meilen (556 km).

III. Gruppe der Vulkane von Centralamerika, ihre Länge von NW nach SO, vom Vulkan von Soconusco bis Turrialva in Costarica über 170 Meilen (1260 km).

IV. Entfernung der Gruppe Centralamerikas von der Vulkanreihe von Neugranada und Quito 157 Meilen (1171 km).

V. Gruppe der Vulkane von Neugranada und Quito; ihre Länge vom Ausbruch in dem Paramo de Ruiz nördlich vom Volcan de Tolima bis zum Vulkan von Sangay, 118 Meilen (875 km). Der Teil der Andeskette zwischen dem Vulkan von Puracé bei Popayan und dem südlichen Teile des vulkanischen Bergknotens von Pasto ist NNO—SSW gerichtet. Weit östlich von den Vulkanen von Popayan, an den Quellen des Rio Fragua, liegt ein sehr isolierter Vulkan, welchen ich nach der mir von Missionären von Timana mitgeteilten Angabe auf meine Generalkarte der Bergknoten der südamerikanischen Kordilleren eingetragen habe; Entfernung vom Meeresufer 38 Meilen (280 km).

VI. Entfernung der Vulkangruppe Neugranadas und Quitos von der Gruppe von Peru und Bolivia, 240 Meilen (1780 km), die größte Länge einer vulkanfreien Kette.

VII. Gruppe der Vulkanreihe von Peru und Bolivia, vom Volcan de Chacani und Arequipa bis zum Vulkan von Atacama (16¼° bis 21½°) 105 Meilen (780 km).

VIII. Entfernung der Gruppe Perus und Bolivias von der Vulkangruppe Chiles 135 Meilen (1001 km). Von dem Teil der Wüste von Atacama, an dessen Rand sich der Vulkan von San Pedro erhebt, bis weit über Copiapo hinaus, ja bis zum

Vulkan von Coquimbo (30° 5′) in der langen Kordillere westlich von den beiden Provinzen Catamarca und Rioja, steht kein vulkanischer Kegel.

IX. Gruppe von Chile, vom Vulkan von Coquimbo bis zum Vulkan San Clemente 242 Meilen (1800 km).

Diese Schätzungen der Länge der Kordilleren mit der Krümmung, welche aus der Veränderung der Achsenrichtung entsteht, von dem Parallel der mexikanischen Vulkane in 19¼° nördlicher Breite bis zum Vulkan von San Clemente in Chile (46° 8′ südl. Breite), geben für einen Abstand von 1242 Meilen (9216 km) einen Raum von 635 Meilen (4712 km), der mit fünf Gruppen gereihter Vulkane (Mexiko, Centralamerika, Neugranada mit Quito, Peru mit Bolivia, und Chile) bedeckt ist, und einen wahrscheinlich ganz vulkanfreien Raum von 607 Meilen (4500 km). Beide Räume sind sich ungefähr gleich. Ich habe sehr bestimmte numerische Verhältnisse angegeben, weil sie sorgfältige Diskussion eigener und fremder Karten dargeboten, damit man mehr angeregt werde, dieselben zu verbessern. Der längste vulkanfreie Teil der Kordilleren ist der zwischen den Gruppen Neugranada-Quito und Peru-Bolivia. Er ist zufällig dem gleich, welchen die Vulkane von Chile bedecken.

[103] (S. 229.) Die Gruppe der Vulkane von Mexiko umfaßt die Vulkane von Orizaba*, Popocatepetl*, Toluca (oder Cerro de San Miguel de Tutucuitlapilco), Jorullo*, Colima* und Turtla*. Die noch entzündeten Vulkane sind hier, wie in ähnlichen Listen, mit einem Sternchen bezeichnet.

[104] (S. 229.) Die Vulkanreihe von Centralamerika ist in den Anmerkungen 99 und 100 aufgezählt.

[105] (S. 229.) Die Gruppe von Neugranada und Quito umfaßt den Paramo y Volcan de Ruiz*, die Vulkane von Tolima, Puracé und Sotará bei Popayan, den Volcan del Rio Fragua, eines Zuflusses des Caqueta, die Vulkane von Pasto, el Azufral*, Cumbal*, Tuquerres*, Chiles, Imbaburu, Cotocachi, Rucu-Pichincha, Antisana(?), Cotopaxi*, Tunguragua*, Capac-Urcu oder Altar de los Collanes(?), Sangay*.

[106] (S. 229.) Die Gruppe des südlichen Peru und Bolivias enthält von Norden nach Süden folgende 14 Vulkane:

Vulkan von Chacani (nach Curzon und Meyen auch Charcani genannt), zur Gruppe von Arequipa gehörig und von der Stadt aus sichtbar; er liegt am rechten Ufer des Rio Quilca, nach Pentland, dem genauesten geologischen Forscher dieser Gegend, in Breite 16° 11′, 8 Meilen (60 km) südlich von dem Nevado de Chuquibamba, der über 18000 Fuß (5850 m) Höhe geschätzt wird. Handschriftliche Nachrichten, die ich besitze, geben dem Vulkan von Chacani 18391 Fuß (5974 m). Im südöstlichen Teile des Gipfels sah Curzon einen großen Krater.

Vulkan von Arequipa*, Br. 16° 20′; 3 Meilen (22 km) in NO von der Stadt. Thaddäus Hänke, der Botaniker der Expedition von Malaspina (1796), Samuel Curzon aus den Vereinigten Staaten von Nordamerika (1811) und Dr. Wedell (1847) haben den Gipfel erstiegen. Meyen sah im August 1831 große Rauchsäulen aufsteigen; ein Jahr früher hatte der Vulkan Schlacken, aber nie Lavaströme ausgestoßen.

Volcan de Omato, Br. 16° 50′; er hatte einen heftigen Auswurf im Jahre 1667.

Volcan de Uvillas oder Uvinas, südlich von Apo; seine letzten Ausbrüche waren aus dem 16. Jahrhundert.

Volcan de Pichu-Pichu, 4 Meilen (30 km) in Osten von der Stadt Arequipa (Br. 16° 25′), unfern dem Passe von Cangallo, 9076 Fuß (2948 m) über dem Meere.

Volcan Viejo, Br. 16° 55′; ein ungeheurer Krater mit Lavaströmen und viel Bimsstein.

Die eben genannten 6 Vulkane bilden die Gruppe von Arequipa.

Volcan de Tacora oder Chipicani, nach Pentlands schöner Karte des Sees von Titicaca; Br. 17° 45′, Höhe 18520 Fuß (6016 m).

Volcan de Sahama*, 20970 Fuß (6812 m) Höhe, Breite 18° 7′; ein abgestumpfter Kegel von der regelmäßigsten Form. Der Vulkan Sahama ist (nach Pentland) 870 franz. Fuß (282 m) höher als der Chimborazo, aber 6240 Fuß (2027 m) niedriger als der Mount Everest des Himalaya, welcher jetzt für den höchsten Gipfel Asiens gehalten wird. Nach dem letzten offiziellen Berichte des Colonel Waugh vom 1. März 1856 sind die vier höchsten Berge der Himalayakette: der Mount Everest (Gaurischanka) in NO von Katmandu 27210 Par. Fuß (8840 m), der Kindschindschinga nördlich von Dardschiling 26417 Fuß (8582 m), der Dhaulagiri (Dhavalagiri) 25170 Fuß (8176 m) und Tschumalari (Chamalari) 22468 Fuß (7298 m).

Vulkan Pomarape, 20360 Fuß (6610 m), Breite 18° 8′; fast ein Zwillingsberg mit dem zunächst folgenden Vulkane.

Vulkan Parinacota, 20670 Fuß (6714 m), Br. 18° 12′.

Die Gruppe der vier Trachytkegel Sahama, Pomarape, Parinacota und Gualatieri, welche zwischen den Parallelkreisen von 18° 7′ und 18° 25′ liegt, ist nach Pentlands trigonometrischer Bestimmung höher als der Chimborazo, höher als 20100 Fuß (6594 m).

Vulkan Gualatieri*, 20604 Fuß (6693 m), Br. 18° 25′, in der bolivischen Provinz Carangas; nach Pentland sehr entzündet.

Unfern der Sahamagruppe, 18° 7′ bis 18° 25′, verändert plötzlich die Vulkanreihe und die ganze Andeskette, der sie westlich vorliegt, ihr Streichen, und geht von der Richtung Südost gegen Nordwest in die bis zur Magelhaensschen Meerenge

allgemein werdende von Norden nach Süden plötzlich über. Von diesem wichtigen Wendepunkte, dem Litorale-Einschnitt bei Arica (18° 28′), welche eine Analogie an der westafrikanischen Küste im Golf von Biafra hat, habe ich gehandelt im Bd. I des Kosmos S. 212 und Anm. 206.

Vulkan Isluga, Br. 19° 20′, in der Provinz Tarapaca, westlich von Carangas.

Volcan de San Pedro de Atacama, am nordöstlichen Rande des Desierto gleichen Namens; nach der neuen Spezialkarte der wasserleeren Sandwüste (Desierto) von Atacama vom Dr. Philippi in Br. 22° 16′, 4 geogr. Meilen (30 km) nordöstlich von dem Städtchen San Pedro, unweit des großen Nevado de Chorolque.

Es gibt keinen Vulkan von 21½° bis 30°, und nach einer so langen Unterbrechung von mehr als 142 Meilen (1053 km) zeigt sich zuerst wieder die vulkanische Thätigkeit im Vulkan von Coquimbo. Denn die Existenz eines Vulkanes von Copiapo (Br. 27° 28′) wird von Meyen geleugnet, während sie der des Landes sehr kundige Philippi bestätigt.

[107] (S. 229.) Die geographische und geologische Kenntnis der Gruppe von Vulkanen, welche wir unter dem gemeinsamen Namen der gereihten Vulkane von Chile begreifen, verdankt den ersten Anstoß zu ihrer Vervollkommnung, ja die Vervollkommnung selbst, den scharfsinnigen Untersuchungen des Kapitäns Fitzroy in der denkwürdigen Expedition der Schiffe Aventure und Beagle, wie den geistreichen und ausführlicheren Arbeiten von Charles Darwin. Der letztere hat mit dem ihm eigenen verallgemeinernden Blicke den Zusammenhang der Erscheinungen von Erdbeben und Ausbrüchen der Vulkane unter einen Gesichtspunkt zusammengefaßt. Das große Naturphänomen, welches am 22. November 1822 die Stadt Copiapo zerstörte, war von der Erhebung einer beträchtlichen Landstrecke der Küste begleitet, und während des ganz gleichen Phänomens vom 20. Februar 1835, das der Stadt Concepcion so verderblich wurde, brach nahe dem Litorale der Insel Chiloe bei Bacalao-Head ein unterseeischer Vulkan aus, welcher anderthalb Tage feurig wütete. Dies alles, von ähnlichen Bedingungen abhängig, ist auch früher vorgekommen und bekräftigt den Glauben, daß die Reihe von Felsinseln, welche südlich von Valdivia und von dem Fuerte Maullin den Fjörden des Festlandes gegenüber liegt, und Chiloe, den Archipel der Chonos und Huaytecas, la Peninsula de Tres Montes und las Islas de la Campana, de la Madre de Dios, de Santa Lucia und los Lobos von 39° 53′ bis zum Eingang der Magelhaens'schen Meerenge (52° 16′) begreift, der zerrissene, über dem Meere hervorragende Kamm einer versunkenen westlichen Kordillere sei. Allerdings gehört kein geöffneter trachytischer Kegelberg, kein Vulkan diesen fractis ex aequore terris an, aber einzelne unterseeische Eruptionen, welche bisweilen den mäch-

tigen Erdstößen gefolgt oder denselben vorangegangen sind, scheinen auf das Dasein dieser westlichen Spalte zu deuten.

Die Reihenfolge der 24 Vulkane, welche die Gruppe von Chile umfaßt, ist folgende, von Norden nach Süden, von dem Parallel von Coquimbo bis zu 46° südlicher Breite gerechnet:

a) Zwischen den Parallelen von Coquimbo und Valparaiso:

Volcan de Coquimbo (Br. 30° 5′).

Vulkan Limari.

Vulkan Chuapri.

Vulkan Aconcagua*, WNW von Mendoza, Br. 32° 39′, Höhe 21584 Fuß (7011 m) nach Kellet, aber nach der neuesten trigonometrischen Messung des Ingenieurs Amado Pissis (1854) nur 22301 englische oder 20924 Par. Fuß (6797 m), also etwas niedriger als der Sahama, den Pentland jetzt zu 22350 engl. oder 20970 Par. Fuß (6812 m) annimmt. Die geodätischen Fundamente seiner Messung des Aconcagua zu 6797 m hat Herr Pissis, da sie acht Dreiecke erforderte, in den Anales de la Universidad de Chile 1852, p. 219 entwickelt. [Neuere Messungen geben ihm, wie schon bemerkt, 6834 m und erheben ihn hiermit zum höchsten Gipfel der Neuen Welt. D. Herausg.]

Der Peak Tupungato wird von Gilliß zu 22450 feet oder 21063 Par. Fuß (6842 m) Höhe und in 33° 22′ Breite angegeben, aber auf der Karte der Provinz Santiago von Pissis (Gilliß p. 45) steht 22016 feet oder 20655 Par. Fuß. Die letztere Zahl ist beibehalten (als 6710 m) von Pissis.

b) Zwischen den Parallelen von Valparaiso und Concepcion:

Vulkan Maypu*, nach Gilliß Br. 34° 17′ (aber auf seiner Generalkarte von Chile 33° 47′, gewiß irrtümlich) und Höhe 16572 Par. Fuß (5383 m), von Meyen bestiegen. Das Trachytgestein des Gipfels hat obere Juraschichten durchbrochen, in denen Leopold von Buch Exogyra Couloni, Trigonia costata und Ammonites biplex aus Höhen von 9000 Fuß (2920 m) erkannt hat. Keine Lavaströme, aber Flammen- oder Schlackenauswürfe aus dem Krater.

Vulkan Peteroa*, östlich von Talca, Br. 34° 53′; ein Vulkan, der oft entzündet ist und am 3. Dezember 1762 nach Molinas Beschreibung eine große Eruption gehabt hat; der vielbegabte Naturforscher Gay hat ihn 1831 besucht.

Volcan de Chillan, Br. 36° 2′; eine Gegend, welche der Missionär Havestadt aus Münster beschrieben hat. In ihrer Nähe liegt der Nevado Descabezado (35° 1′), welchen Domeyko bestiegen und Molina (irrtümlich) für den höchsten Berg von Chile erklärt hat. Von Gilliß ist seine Höhe 13100 engl. oder 12290 Par. Fuß (4840 m) geschätzt worden.

Vulkan Tucapel, westlich von der Stadt Concepcion, auch Silla veluda genannt; vielleicht ein ungeöffneter Trachytberg, der mit dem entzündeten Vulkan von Antuco zusammenhängt.

c) Zwischen den Parallelen von Concepcion und Valdivia:

Vulkan Antuco*, Br. 37° 7′; von Pöppig umständlich geognostisch beschrieben: ein basaltischer Erhebungskrater, aus dessen Innerem der Trachytkegel aufsteigt; Lavaströme, die an dem Fuß des Kegels, seltener aus dem Gipfelkrater, ausbrechen. Einer dieser Ströme floß noch im Jahre 1828. Der fleißige Domeyko fand 1845 den Vulkan in voller Thätigkeit und seine Höhe nur 8368 Fuß (2718 m). Gilliß gibt für die Höhe 8672 Fuß (2827 m) an und erwähnt neuer Ausbrüche im Jahre 1853. Zwischen Antuco und dem Descabezado ist nach einer Nachricht, die mir der ausgezeichnete amerikanische Astronom, Herr Gilliß, mitgeteilt, im Inneren der Kordillere am 25. November 1847 ein neuer Vulkan aus der Tiefe erstiegen, zu einem Hügel* von 300 Fuß (100 m). Die schwefligen und feurigen Ausbrüche sind von Domeyko über ein Jahr lang gesehen worden. Weit östlich vom Vulkan Antuco, in einer Parallelkette der Andes, gibt Pöppig auch noch zwei thätige Vulkane: Punhamuidda und Unalavquen*, an.

Vulkan Callaqui.

Volcan de Villarica*, Br. 39° 14′.

Vulkan Chiñal, Br. 39° 35′.

Volcan de Panguipulli*, nach Major Philippi Br. 40¾°.

d) Zwischen den Parallelen von Valdivia und dem südlichsten Kap der Insel Chiloe:

Vulkan Ranco.

Vulkan Osorno oder Llanquihue, Br. 41° 9′, Höhe 6984 Fuß (2268 m).

Volcan de Calbuco*, Br. 41° 12′.

Vulkan Guanahuca (Guanegue?).

Vulkan Minchinmadom, Br. 42° 48′, Höhe 7500 Fuß (2436 m).

Volcan del Corcovado*, Br. 43° 12′, Höhe 7046 Fuß (2288 m).

Vulkan Yanteles (Yntales), Br. 43° 29′, Höhe 7534 Fuß (2447 m).

Vulkan San Clemente, der nach Darwin aus Granit bestehenden Peninsula de tres Montes gegenüber, Br. 46° 8′. Auf der großen Karte Südamerikas von la Cruz ist ein südlicherer Vulkan de los Gigantes, gegenüber dem Archipel de la Madre de Dios, in Br. 51° 4′, angegeben. Seine Existenz ist sehr zweifelhaft.

Die Breiten in der vorstehenden Tafel der Vulkane sind

meist der Karte von Pissis, Allan Campbell und Claude Gay in dem vortrefflichen Werke von Gilliß (1845) entlehnt.

[108] (S. 230.) Den 24. Januar 1804.

[109] (S. 231.) Der Glimmerschiefer-Bergknoten de los Robles (Br. 2° 2′) und des Paramo de las Papas (Br. 2° 20′) enthält die nicht 1½ Meilen (10 km) voneinander getrennten Alpenseen, Laguna de S. Iago und del Buey, aus deren ersterer die Cauca und zweiter der Magdalenenfluß entspringt, um, bald durch eine Centralgebirgskette getrennt, sich erst in dem Parallel von 9° 27′ in den Ebenen von Mompox und Tenerife miteinander zu verbinden. Für die geologische Frage: ob die vulkanreiche Andeskette von Chile, Peru, Bolivia, Quito und Neugranada mit der Gebirgskette des Isthmus von Panama, und auf diese Weise mit der von Veragua und den Vulkanreihen von Costarica und ganz Centralamerika, verzweigt sei, ist der genannte Bergknoten zwischen Popayan, Almaguer und Timana von großer Wichtigkeit. Auf meinen Karten von 1816, 1827 und 1831, deren Bergsysteme durch Brué in Joaquin Acostas schöner Karte von Neugranada (1847) und anderen Karten verbreitet worden sind, habe ich gezeigt, wie unter dem nördlichen Parallel von 2° 10′ die Andeskette eine Dreiteilung erleidet; die westliche Kordillere läuft zwischen dem Thal des Rio Cauca und dem Rio Atrato, die mittlere zwischen dem Cauca und dem Rio Magdalena, die östliche zwischen dem Magdalenenthale und den Llanos (Ebenen), welche die Zuflüsse des Marañon und Orinoko bewässern. Die spezielle Richtung dieser drei Kordilleren habe ich nach einer großen Anzahl von Punkten bezeichnen können, welche in die Reihe der astronomischen Ortsbestimmungen fallen, von denen ich in Südamerika allein 152 durch Sternkulminationen erlangt habe.

Die westliche Kordillere läuft östlich vom Rio Dagua, westlich von Cazeres, Roldanilla, Toro und Anserma bei Cartago, von SSW in NNO, bis zum Salto de San Antonio im Rio Cauca (Br. 5° 14′), welcher südwestlich von der Vega de Supia liegt. Von da und bis zu dem 9000 Fuß (2920 m) hohen Alto del Viento (Cordillera de Abibe oder Avidi, Br. 7° 12′) nimmt die Kette an Höhe und Umfang beträchtlich zu und verschmelzt sich in der Provinz Antioquia mit der mittleren oder Centralkordillere. Weiter in Norden, gegen die Quellen der Rios Lucio und Guacuba, verläuft sich die Kette, in Hügelreihen verteilt. Die Cordillera occidental, welche bei der Mündung des Dagua in die Bahia de Buenaventura kaum 8 Meilen (60 km) von der Südseeküste entfernt ist (Br. 3° 50′), hat die doppelte Entfernung im Parallel von Quibdo im Choco (Br. 5° 48′). Diese Bemerkung ist deshalb von einiger Wichtigkeit, weil mit der westlichen Andeskette nicht das hochhügelige Land und die Hügelkette verwechselt werden muß, welche in dieser an Waschgold reichen Provinz sich von Novita und Tado an längs dem rechten Ufer des Rio San Juan und dem

linken Ufer des großen Rio Atrato von Süden nach Norden hinzieht. Diese unbedeutende Hügelreihe ist es, welche in der Quebrada de la Raspadura von dem zwei Flüsse (den Rio San Juan oder Noanama und den Rio Quibdo, einen Zustrom des Atrato) und durch diese zwei Ozeane verbindenden Kanal des Mönches durchschnitten wird; sie ist es auch, welche zwischen der von mir so lange vergeblich gerühmten Bahia de Cubira (Br. 6° 42′) und den Quellen des Napipi, der in den Atrato fällt, auf der lehrreichen Expedition des Kapitän Kellet gesehen worden ist.

Die mittlere Andeskette (Cordillera central), anhaltend die höchste, bis in die ewige Schneegrenze reichend, und in ihrer ganzen Erstreckung wie die westliche Kette fast von Süden nach Norden gerichtet, beginnt 8 bis 9 Meilen (60 bis 67 km) in Nordost von Popayan mit den Paramos von Guanacos, Huila, Iraca und Chinche. Weiterhin erheben sich von S gegen N zwischen Buga und Chaparral der langgestreckte Rücken des Nevado de Baraguan (Br. 4° 11′), la Montaña de Quindio, der schneebedeckte, abgestumpfte Kegel von Tolima, der Vulkan und Paramo de Ruiz und die Mesa de Herveo. Diese hohen und rauhen Bergeinöden, die man im Spanischen mit dem Namen Paramos belegt, sind durch ihre Temperatur und einen eigentümlichen Vegetationscharakter bezeichnet und liegen in dem Teil der Tropengegend, welchen ich hier beschreibe, nach dem Mittel vieler meiner Messungen von 9500 bis 11000 Fuß (3085 bis 3570 m) über dem Meeresspiegel. In dem Parallel von Mariquita, des Herveo und des Salto de San Antonio des Cauca-Thals beginnt eine massenhafte Vereinigung der westlichen und der Centralkette, deren oben Erwähnung geschehen ist. Diese Verschmelzung wird am auffallendsten zwischen jenem Salto und der Angostura und Cascada de Caramanta bei Supia. Dort liegt das Hochland der schwer zugänglichen Provinz Antioquia, welche nach Manuel Restrepo sich von 5¼° bis 8° 34′ erstreckt, und in welcher wir in der Richtung von Süden nach Norden nennen als Höhenpunkte: Arma, Sonson; nördlich von den Quellen des Rio Samana: Marinilla, Rio Negro (6420 Fuß = 2118 m) und Medellin (4548 Fuß = 1477 m); das Plateau von Santa Rosa (7944 Fuß = 2580 m) und Valle de Osos. Weiterhin über Cazeras und Zaragoza hinaus, gegen den Zusammenfluß des Cauca und Nechi, verschwindet die eigentliche Gebirgskette, und der östliche Abfall der Cerros de San Lucar, welchen ich bei der Beschiffung und Aufnahme des Magdalenastromes von Badillas (Br. 8° 1′) und Paturia (Br. 7° 36′) aus gesehen, macht sich nur bemerkbar wegen des Kontrastes der weiten Flußebene.

Die östliche Kordillere bietet das geologische Interesse dar, daß sie nicht nur das ganze nördliche Bergsystem Neu-Granadas von dem Tieflande absondert, aus welchem die Wasser teils durch den Caguan und Caqueta dem Amazonenfluß, teils durch den

Guaviare, Meta und Apure dem Orinoko zufließen, sondern auch deutlichst mit der Küstenkette von Caracas in Verbindung tritt. Es findet nämlich dort statt, was man bei Gangsystemen ein Anscharen nennt: eine Verbindung von Gebirgsjöchern, die auf zwei Spalten von sehr verschiedener Richtung und wahrscheinlich auch zu sehr verschiedenen Zeiten sich erhoben haben. Die östliche Kordillere entfernt sich weit mehr als die beiden anderen von der Meridianrichtung, abweichend gegen Nordosten, so daß sie in den Schneebergen von Merida (Br. 8° 10′) schon 5 Längengrade östlicher liegt als bei ihrem Ausgang aus dem Bergknoten de los Robles unfern der Ceja und Timana. Nördlich von dem Paramo de la Suma Paz, östlich von der Purificacion. an dem westlichen Abhange des Paramo von Chingaza, in nur 8220 Fuß (2670 m) Höhe, erhebt sich über einem Eichenwald die schöne, aber baumlose und ernste Hochebene von Bogota (Br. 4° 36′). Sie hat ungefähr 18 geogr. Quadratmeilen (990 qkm) und ihre Lage bietet eine auffallende Aehnlichkeit mit der des Beckens von Kaschmir, das aber am Wullersee, nach Victor Jacquemont, um 3200 Fuß (1040 m) minder hoch ist und dem südwestlichen Abhange der Himalayakette angehört. Von dem Plateau von Bogota und dem Paramo de Chingaza ab folgen in der östlichen Kordillere der Andes gegen Nordost die Paramos von Guachaneque über Tunja, von Zoraca über Sogamoso; von Chita (15000 Fuß? = 4870 m), nahe den Quellen des Rio Casanare, eines Zuflusses des Meta; vom Almorzadero (12060 Fuß = 3918 m) bei Socorro, von Cacota (10308 Fuß = 3348 m) bei Pamplona, von Laura und Porquera bei la Grita. Hier zwischen Pamplona, Salazar und Rosario (zwischen Br. 7° 8′ und 7° 50′) liegt der kleine Gebirgsknoten, von dem aus sich ein Kamm von Süden nach Norden gegen Ocaña und Valle de Upar westlich von der Laguna de Maracaibo vorstreckt und mit den Vorbergen der Sierra Nevada de Santa Marta (18000 Fuß? = 5850 m) verbindet. Der höhere und mächtigere Kamm fährt in der ursprünglichen Richtung nach Nordosten gegen Merida, Truxillo und Barquisimeto fort, um sich dort östlich von der Laguna de Maracaibo der Granitküstenkette von Venezuela, in Westen von Puerto Cabello, anzuschließen. Von der Grita und dem Paramo de Porquera an erhebt sich die östliche Kordillere auf einmal wieder zu einer außerordentlichen Höhe. Es folgen zwischen den Parallelen von 8° 5′ und 9° 7′ die Sierra Nevada de Merida (Mucuchies), von Boussingault untersucht und von Codazzi trigonometrisch zu 14136 Fuß (4582 m) Höhe bestimmt, und die vier Paramos de Timotes, Niquitao, Boconó und de las Rosas, voll der herrlichsten Alpenpflanzen.

Vulkanische Thätigkeit fehlt der westlichen Kordillere ganz, der mittleren ist sie eigen bis zum Tolima und Paramo de Ruiz, die aber vom Vulkan von Puracé fast um drei Breitengrade getrennt sind. Die östliche Kordillere hat nahe an ihrem östlichen Abfall,

an dem Ursprung des Rio Fragua, nordöstlich von Mocoa, südöstlich von Timana, einen rauchenden Hügel: entfernter vom Litorale der Südsee als irgend ein anderer noch thätiger Vulkan im neuen Kontinente. Eine genaue Kenntnis der örtlichen Verhältnisse der Vulkane zu der Gliederung der Gebirgszüge ist für die Vervollkommnung der Geologie der Vulkane von höchster Wichtigkeit. Alle älteren Karten, das einzige Hochland von Quito abgerechnet, konnten nur irre leiten.

110 (S. 232.) Der Pik von Vilcanoto (15 970 Fuß = 5187 m), liegend in Br. 14° 28′, ein Teil des mächtigen Gebirgsstockes dieses Namens, ostwestlich gerichtet, schließt das Nordende der Hochebene, in welcher der 22 geogr. Meilen (162 km) lange See von Titicaca, ein kleines Binnenmeer, liegt.

111 (S. 234.) Die Abwesenheit der Monokotyledonen ist aber nur eigentümlich den zerstreut auf der Oberfläche und besonders in den Bächen der Regentschaft Bantam liegenden verkieselten Baumstämmen; in den unterirdischen Kohlenschichten finden sich dagegen Reste von Palmenholz, die zwei Geschlechtern (Flabellaria und Amesoneuron) angehören.

112 (S. 235.) Ueber die Bedeutung des Wortes Mêru und die Vermutungen, welche mir Burnouf über seinen Zusammenhang mit mîra (einem Sanskritworte für Meer) mitgeteilt, s. meine Asie centrale T. I, p. 114—116 und Lassens Indische Altertumskunde Bd. I, S. 847, der geneigt ist, den Namen für nicht sanskritischen Ursprunges zu halten.

113 (S. 235.) Gunung ist das javanische Wort für Berg, im Malaiischen gûnung, das merkwürdigerweise nicht weiter über den ungeheuren Bereich des malaiischen Sprachstammes verbreitet ist. Da es die Gewohnheit ist, dieses Wort gunung den Namen der Berge auf Java vorzusetzen, so ist es im Texte durch ein einfaches G. angedeutet.

114 (S. 235.) Aber nicht bloß Java hat einen Koloß, den Semeru, von 11 480 Fuß (3753 m), welcher also den Pik von Tenerifa um ein geringes an Höhe übersteigt; dem, ebenfalls noch thätigen, aber, wie es scheint, minder genau gemessenen Pik von Indrapura auf Sumatra werden auch 11 500 Fuß (3756 m) zugeschrieben. Diesem stehen auf Sumatra am nächsten die Kuppe Telaman, welche einer der Gipfel des Ophir (nicht 12 980 Fuß = 4216 m, sondern nur 9010 Fuß = 2927 m hoch) ist, und der Merapi (nach Dr. Horner 8980 Fuß = 2917 m), der thätigste unter den 13 Vulkanen von Sumatra, der aber bei der Gleichheit des Namens nicht zu verwechseln ist mit zwei Vulkanen auf Java, dem berühmten Merapi bei Dschokdschokarta (8640 Fuß = 2807 m) und dem Merapi als östlichem Gipfelteil des Vulkans Idjen (8065 Fuß = 2520 m). Man glaubt in dem Merapi wieder den heiligen Namen Meru, mit dem malaiischen und javanischen Worte api, Feuer, verbunden, zu erkennen.

[115] (S. 236.) Von 1829 bis 1848 hat der kleine Auswurfskrater des Bromo 8 feurige Eruptionen gehabt. Der Kratersee, welcher 1842 verschwunden war, hatte sich 1848 wieder gebildet, aber nach den Beobachtungen von B. van Herwerden soll die Anwesenheit des Wassers im Kesselschlunde gar nicht den Ausbruch glühender, weit geschleuderter Schlacken gehindert haben.

[116] (S. 237.) Der G. Pepandajan ist 1819 von Reinwardt, 1837 von Junghuhn erstiegen worden. Der letztere, welcher die Umgebung des Berges, ein mit vielen eckigen ausgeworfenen Lavablöcken bedecktes Trümmerfeld, genau untersucht und mit den frühesten Berichten verglichen hat, hält die durch so viele schätzbare Werke verbreitete Nachricht, daß ein Teil des eingestürzten Berges und ein Areal von mehreren Quadratmeilen während des Ausbruchs von 1772 versunken sei, für sehr übertrieben.

[117] (S. 239.) Barranco und barranca, beide gleichbedeutend und beide genugsam im spanischen Amerika gebraucht, bezeichnen allerdings eigentlich eine Wasserfurche, einen Wasserriß: la quiebra que hacen en la tierra las corrientes de las aguas; — „una torrente que hace barrancas"; weiter bezeichnen sie auch jegliche Schlucht. Daß aber das Wort barranca mit barro: Thon, weicher, feuchter Letten, auch Wegkot, zusammenhänge, ist zu bezweifeln.

[118] (S. 239.) Die auffallendste Analogie mit dem Phänomen regelmäßiger Geripptheit auf Java bietet die Oberfläche des Sommamantels am Vesuv dar, über dessen 70 Faltungen ein scharfsinniger und genau messender Beobachter, der Astronom Julius Schmidt, viel Licht verbreitet hat. Diese Thalfurchen sind nach Leop. von Buch ihrem primitiven Ursprunge nach nicht Regenrisse (fiumare), sondern Folgen der Zersprengtheit (Faltung, étoilement) bei erster Erhebung der Vulkane. Auch die meist radiale Stellung der Seitenausbrüche gegen die Achse der Vulkane scheint damit zusammenzuhängen.

[119] (S. 239.) „L'obsidienne et par conséquent les pierres-ponces sont aussi rares à Java que le trachyte lui-même. Un autre fait très curieux c'est l'absence de toute coulée de lave dans cette île volcanique. Mr. Reinwardt, qui lui-même a observé un grand nombre d'éruptions, dit expressément qu'on n'a jamais eu d'exemples que l'éruption la plus violente et la plus dévastatrice ait été accompagnée de laves." Léop. de Buch, Description des Iles Canaries p. 419. In den vulkanischen Gebirgsarten von Java, welche das Mineralienkabinett zu Berlin dem Dr. Junghuhn verdankt, sind Diorittrachyte, aus Oligoklas und Hornblende zusammengesetzt, deutlichst zu erkennen zu Burung-agung S. 255 des Leidener Katalogs, zu Tjinas S. 232 und im Gunung Parang, der im Distrikt Batugangi liegt. Das ist also identisch die Formation von dioritischem Trachyte der Vulkane Orizaba und Toluca von Meriko, der Insel Panaria in den Liparen und Aegina im Aegeischen Meer!

[120] (S. 239.) Die feurigen Streifen, welche man am Vulkan G. Merapi sah, waren gebildet durch nahe zusammengedrängte Schlackenströme (traînées de fragments), durch unzusammenhängende Massen, die beim Ausbruch nach derselben Seite hin herabrollen und bei sehr verschiedenem Gewicht am jähen Abfall aufeinanderstoßen. Bei dem Ausbruch des G. Lamongan am 26. März 1847 hat sich, einige hundert Fuß unterhalb des Ortes ihres Ursprungs, eine solche bewegte Schlackenreihe in zwei Arme geteilt. „Der feurige Streifen,“ heißt es ausdrücklich, „bestand nicht aus wirklich geschmolzener Lava, sondern aus dicht hintereinander rollenden Lavatrümmern.“ Der G. Lamongan und der G. Semeru sind gerade die beiden Vulkane der Insel Java, welche durch ihre Thätigkeit in langen Perioden dem kaum 2800 Fuß (900 m) hohen Stromboli am ähnlichsten gefunden werden, da sie, wenngleich in Höhe so auffallend verschieden (der Lamongan 5010 [1627 m] und der Semeru 11480 Fuß [3753 m] hoch), der erstere nach Pausen von 15 bis 20 Minuten (Eruption vom Juli 1838 und März 1847), der andere von 1½ bis 3 Stunden (Eruption vom August 1836 und September 1844), Schlackenauswürfe zeigten. Auf Stromboli selbst kommen neben vielen Schlackenauswürfen auch kleine, aber seltene Lavaergießungen vor, welche, durch Hindernisse aufgehalten, bisweilen am Abhange des Kegels erstarren. Ich lege eine große Wichtigkeit auf die verschiedenen Formen der Kontinuität oder Sonderung, unter denen ganz oder halb geschmolzene Materien ausgestoßen oder ergossen werden, sei es aus denselben oder aus verschiedenen Vulkanen. Analoge Forschungen, unter verschiedenen Zonen und nach leitenden Ideen unternommen, sind sehr zu wünschen bei der Armut und großen Einseitigkeit der Ansichten, zu welcher die vier thätigen europäischen Vulkane führen. Die von mir 1802, von meinem Freunde Boussingault 1831 aufgeworfene Frage, ob in den Kordilleren von Quito der Antisana Lavaströme gegeben habe, die wir weiter unten berühren, findet vielleicht in den Ideen der Sonderung des Flüssigen ihre Lösung. Der wesentliche Charakter eines Lavastroms ist der einer gleichmäßigen, zusammenhängenden Flüssigkeit, eines bandartigen Stromes, aus welchem beim Erkalten und Verhärten sich an der Oberfläche Schalen ablösen. Diese Schalen, unter denen die fast homogene Lava lange fortfließt, richten sich teilweise durch Ungleichheit der inneren Bewegung und Entwickelung heißer Gasarten schief oder senkrecht auf; und wenn so mehrere Lavaströme zusammenfließend einen Lavasee, wie in Island, bilden, so entsteht nach der Erkaltung ein Trümmerfeld. Die Spanier, besonders in Mexiko, nennen eine solche, zum Durchstreifen sehr unbequeme Gegend ein malpais. Es erinnern solche Lavafelder, die man oft in der Ebene am Fuß eines Vulkans findet, an die gefrorene Oberfläche eines Sees mit aufgetürmten kurzen Eisschollen.

[121] (S. 240.) Den Namen G. Idjen kann man nach Busch-

mann durch das javanische Wort hidjên: einzeln, allein, besonders, deuten; eine Ableitung von dem Substantiv hidji oder widji. Korn, Samenkorn, welches mit sa das Zahlwort eins ausdrückt. Ueber die Etymologie von G. Tengger siehe die inhaltreiche Schrift meines Bruders über die Verbindungen zwischen Java und Indien (Kawisprache Bd. I, S. 188), wo auf die historische Wichtigkeit des Tenggergebirges hingewiesen wird, das von einem kleinen Volksstamm bewohnt wird, welcher, feindlich gegen den jetzt allgemeinen Mohammedanismus auf der Insel, seinen alten indisch-javanischen Glauben bewahrt hat. Junghuhn, der sehr fleißig Bergnamen aus der Kawisprache erklärt, sagt, tengger bedeute im Kawi Hügel; eine solche Deutung erfährt das Wort auch in Gerickes javanischem Wörterbuch. Slamat, der Name des hohen Vulkans von Tegal, ist das bekannte arabische Wort selamat, welches Wohlfahrt, Glück und Heil bedeutet.

[122] (S. 242.) In meinem Essai politique sur la Nouvelle-Espagne habe ich in den zwei Auflagen von 1811 und 1827, wie es die Natur jenes Werkes erheischte, nur einen gedrängten Auszug aus meinem Tagebuche gegeben, ohne den topographischen Plan der Umgegend und die Höhenkarte liefern zu können. Bei der Wichtigkeit, welche man auf eine so große Erscheinung aus der Mitte des vorigen Jahrhunderts gelegt hat, glaubte ich jenen Auszug hier vervollständigen zu müssen. Einzelheiten über den neuen Vulkan von Jorullo verdanke ich einem erst im Jahre 1830 durch einen sehr wissenschaftlich gebildeten mexikanischen Geistlichen, Don Juan José Pastor Morales, aufgefundenen offiziellen Dokument, das drei Wochen nach dem Tage des ersten Ausbruchs verfaßt worden ist; wie auch mündlichen Mitteilungen meines Begleiters, des Biscainers Don Roman Espelde, der noch lebende Augenzeugen des ersten Ausbruchs hatte vernehmen können. Morales hat in den Archiven des Bischofs von Michoacan einen Bericht entdeckt, welchen Joaquin de Ansogorri, Priester in dem indischen Dorfe la Guacana, am 19. Oktober 1759 an seinen Bischof richtete. Der Oberbergrat Burkart hat in seiner lehrreichen Schrift (Aufenthalt und Reisen in Mexiko, 1836) ebenfalls schon einen kurzen Auszug daraus gegeben. Don Roman Espelde bewohnte zur Zeit meiner Reise die Ebene von Jorullo und hat das Verdienst, zuerst den Gipfel des Vulkans bestiegen zu haben. Er schloß sich einige Jahre nachher der Expedition an, welche der Intendente Corregidor Don Juan Antonio de Riaño am 10. März 1789 machte. Zu derselben Expedition gehörte ein wohl unterrichteter, in spanische Dienste als Bergkommissar getretener Deutscher, Franz Fischer. Durch den letzten ist der Name des Jorullo zuerst nach Deutschland gekommen, da er desselben in den Schriften der Gesellschaft der Bergbaukunde Bd. II, S. 441 in einem Briefe erwähnte. Aber früher schon war in Italien des Ausbruchs des neuen Vulkans gedacht worden: in Clavigeros Storia

antica del Messico (Cesena 1780) und in dem poetischen Werke Rusticatio mexicana des Pater Raphael Landivar (ed. altera, Bologna 1782). Clavigero setzt in seinem schätzbaren Werke die Entstehung des Vulkans, den er Juruyo schreibt, fälschlich in das Jahr 1760 und erweitert die Beschreibung des Ausbruchs durch Nachrichten über den sich bis Queretaro erstreckenden Aschenregen, welche ihm 1766 Don Juan Manuel de Bustamante, Gouverneur der Provinz Valladolid de Michoacan, als Augenzeuge des Phänomens mitgeteilt hatte. Landivar, der unserer Hebungstheorie enthusiastisch, wie Ovidius, zugethane Dichter, läßt in wohlklingenden Herametern den Koloß bis zur vollen Höhe von 3 milliaria aufsteigen, und findet (nach Art der Alten) die Thermalquellen bei Tage kalt und bei Nacht warm. Ich sah aber um Mittag das hundertteilige Thermometer im Wasser des Rio de Cuitimba bis $52\frac{1}{2}^{0}$ steigen.

Antonio de Alcedo gab in dem fünften Teile seines großen und nützlichen Diccionario geográfico-histórico de las Indias occidentales ó América, 1789, also in demselben Jahre als des Gouverneurs Riaño und Bergkommissars Franz Fischer Bericht in der Gazeta de Mexico erschien, in dem Artikel Xurullo die interessante Notiz, daß, als die Erdbeben in den Playas anfingen (29. Juni 1759), der im Ausbruch begriffene westliche Vulkan von Colima sich plötzlich beruhigte, ob er gleich „70 leguas" (wie Alcedo sagt; nach meiner Karte nur 28 geogr. Meilen!) von den Playas entfernt ist. „Man meint," setzt er hinzu, „die Materie sei in den Eingeweiden der Erde dort auf Hindernisse gestoßen, um ihrem alten Laufe zu folgen; und da sie geeignete Höhlungen (in Osten) gefunden habe, sei sie im Jorullo ausgebrochen (para reventar en Xurullo)." Genaue topographische Angaben über die Umgegend des Vulkans finden sich auch in des Juan José Martinez de Lejarza geographischem Abriß des alten Taraskerlandes. Das Zeugnis des zu Valladolid in der Nähe des Jorullo wohnenden Verfassers, daß seit meinem Aufenthalte in Mexiko keine Spur einer vermehrten vulkanischen Thätigkeit sich an dem Berge gezeigt hat, hat am frühesten das Gerücht von einem neuen Ausbruche im Jahre 1819 widerlegt. Da die Position des Jorullo in der Breite nicht ohne Wichtigkeit ist, so bin ich darauf aufmerksam geworden, daß Lejarza, der sonst immer meinen astronomischen Ortsbestimmungen folgt, auch die Länge des Jorullo ganz wie ich 2° 25′ westlich vom Meridian von Mexiko (103° 50′ westlich von Paris) nach Zeitübertragung angibt, in der Breite von mir abweicht. Sollte die von ihm dem Jorullo beigelegte Breite von 18° 53′ 30″, welche der des Vulkans Popocatepetl (18° 59′ 47″) am nächsten kommt, sich auf neuere, mir unbekannte Beobachtungen gründen? Ich habe in meinem Recueil d'Observ. astronomiques Vol. II, p. 521 ausdrücklich gesagt: latitude *supposée* 19° 8′, geschlossen aus guten Sternbeobachtungen zu Valladolid,

welche 19° 52′ 8″ gaben, und aus der Wegrichtung." Die Wichtigkeit der **Breite** von Jorullo habe ich erst erkannt, als ich später die große Karte des Landes Mexiko in der Hauptstadt zeichnete und die ostwestliche Vulkanreihe eintrug.

Da ich in diesen Betrachtungen über den Ursprung des Jorullo mehrfach der Sagen gedacht habe, welche noch heute in der Umgegend herrschen, so will ich am Schluß dieser langen Anmerkung noch einer sehr volkstümlichen Sage Erwähnung thun, welche ich schon in einem anderen Werke berührt habe: „Selon la crédulité des indigènes, ces changements extraordinaires que nous venons de décrire, sont l'ouvrage des moines, le plus grand peut-être qu'ils aient produit dans les deux hémisphères. Aux *Playas de Jorullo,* dans la chaumière que nous habitions, notre hôte indien nous raconta qu'en 1759 des Capucins en mission prêchèrent à l'habitation de San Pedro; mais que, n'ayant pas trouvé un accueil favorable, ils chargèrent cette plaine, alors si belle et si fertile, des imprécations les plus horribles et les plus compliquées: ils prophétisèrent que d'abord l'habitation serait engloutie par des flammes qui sortiraient de la terre, et que plus tard l'air ambiant se refroidirait à tel point que les montagnes voisines resteraient éternellement couvertes de neige et de glace. La première de ces malédictions ayant eu des suites si funestes, le bas peuple indien voit déjà dans le refroidissement progressif du Volcan le présage d'un hiver perpétuel."

Neben dem Dichter, Pater Landivar, ist wohl die erste gedruckte Erwähnung der Katastrophe die schon vorhin genannte in der **Gazeta de Mexico** de 5 de Mayo 1789 gewesen; sie führt die bescheidene Ueberschrift: „Superficial y nada facultativa Descripcion del estado en que se hallaba el Volcán de *Jorullo* la mañana del dia 10 de Marzo de 1789," und wurde veranlaßt durch die Expedition von Riaño, Franz Fischer und Espelde. Später (1791) haben auf der nautisch-astronomischen Expedition von Malaspina die Botaniker Moziño und Don Martin Sesse, ebenfalls von der Südseeküste aus, den Jorullo besucht.

[123] (S. 245.) Meine Barometermessungen geben für Mexiko 1168 Toisen (2276 m), Valladolid 1002 Toisen (1951 m), Patzcuaro 1130 Toisen (2202 m), Ario 994 Toisen (1937 m), Aguasarco 780 Toisen (1520 m), für die alte Ebene der Playas de Jorullo 404 Toisen (787 m).

[124] (S. 245.) Ueber der Oberfläche des Meeres finde ich, wenn die alte Ebene der Playas 404 Toisen (787 m) ist, für das Maximum der Konvexität des Malpais 487 Toisen (930 m), für den Rücken des großen Lavastromes 600 Toisen (1170 m), für den höchsten Kraterrand 667 Toisen (1300 m); für den tiefsten Punkt des Kraters, an welchem wir das Barometer aufstellen konnten, 644 Toisen (1255 m). Demnach ergaben sich für die Höhe des

Gipfels vom Jorullo über der alten Ebene 263 oder 1578 Fuß (513 m).

[125] (S. 246.) Vgl. über den Jorullo Carl Pieschels lehrreiche Beschreibung der Vulkane von Mexiko, mit Erläuterungen von Dr. Gumprecht, in der Zeitschrift für Allg. Erdkunde der geogr. Gesellschaft zu Berlin Bd. VI, 1856, S. 490—517; und die eben erschienenen pittoresken Ansichten in Pieschels Atlas der Vulkane der Republik Mexiko, 1856 Taf. 13, 14 und 15. Das königliche Museum zu Berlin besitzt in der Abteilung der Kupferstiche und Handzeichnungen eine herrliche und zahlreiche Sammlung von Abbildungen der mexikanischen Vulkane (mehr als 40 Blätter), nach der Natur dargestellt von Moritz Rugendas. Von dem westlichsten aller mexikanischen Vulkane, dem von Colima, hat dieser große Meister allein 15 farbige Abbildungen geliefert.

[126] (S. 249). „Nous avons été, Mr. Bonpland et moi, étonnés surtout de trouver enchâssés dans les laves basaltiques, lithoides et scorifiées du Volcan de Jorullo des fragments anguleux blancs ou blancs-verdâtres de *Syénite*, composés de peu d'amphibole et de beaucoup de feldspat lamelleux. Là où ces masses ont été crevassées par la chaleur, le feldspat est devenu filandreux, de sorte que les bords de la fente sont réunis dans quelques endroits par des fibres alongées de la masse. Dans les Cordillères de l'Amérique du Sud, entre Popayan et Almaguer, au pied du *Cerro Broncoso*, j'ai trouvé de véritables fragments de *gneis* enchâssés dans un trachyte abondant en pyroxène. Ces phénomènes prouvent que les formations trachytiques sont sorties au-dessous de la croûte granitique du globe. Des phénomènes analogues présentent les trachytes du *Siebengebirge* sur les bords du Rhin et les couches inférieures du Phonolithe *(Porphyrschiefer)* du *Biliner Stein* en Bohême.“ Humboldt, Essai géognostique sur le Gisement des Roches, 1823, p. 133 und 339. Auch Burkart erkannte in der schwarzen, olivinreichen Lava des Jorullo umschlossen: „Blöcke eines umgeänderten Syenits. Hornblende ist nur selten deutlich zu erkennen. Die Syenitblöcke dürften wohl den unumstößlichen Beweis liefern, daß der Sitz des Feuerherdes des Vulkans von Jorullo sich in oder unter dem Syenit befinde, welcher wenige Meilen (leguas) südlicher auf dem linken Ufer des der Südsee zufließenden Rio de las Balsas sich in bedeutender Ausdehnung zeigt." Auf Lipari bei Caneto haben Dolomieu und 1832 der vortreffliche Geognost Friedrich Hoffmann sogar in derben Obsidianmassen eingeschlossene Fragmente von Granit gefunden, der aus blaßrotem Feldspat, schwarzem Glimmer und wenig hellgrauem Quarz gebildet war.

[127] (S. 251.) Der westlichste der 3 Kegel, jetzt Kara Devlit genannt, ist 500 Fuß (162 m) über der Ebene erhaben und hat

einen großen Lavastrom gegen Koula hin ergossen. Ueber 30 kleine Kegel zählte Hamilton in der Nähe. Die 3 Schlünde (βόθροι und φῦσαι des Strabo) sind Krater, welche auf konischen, aus Schlacken und Laven zusammengesetzten Bergen liegen.

[128] (S. 251.) Postels und Leopold von Buch erwähnen der Aehnlichkeit mit den Hornitos von Jorullo. Erman beschreibt in einem mir gütigst mitgeteilten Manuskripte eine große Zahl abgestumpfter Schlackenkegel in dem ungeheuren Lavafelde östlich von den Baidarenbergen auf der Halbinsel Kamtschatka.

[129] (S. 252.) Sehr vollständig und mit lobenswerter Unparteilichkeit sind alle genetischen Fragen behandelt in der neunten Auflage von Sir Charles Lyells Principles of Geology, 1853, p. 369. Schon Bouguer war der Idee der Erhebung des Vulkans von Pichincha nicht abgeneigt: „il n'est pas impossible, que le rocher, qui est brûlé et noir, ait été soulevé par l'action du feu souterrain."

[130] (S. 252.) Zu der sicheren Bestimmung der Mineralien, aus welchen die merikanischen Vulkane zusammengesetzt sind, haben ältere und neuere Sammlungen von mir und Pieschel verglichen werden können.

[131] (S. 253.) Der schöne Marmor von la Puebla kommt aus den Brüchen von Tecali, Totomehuacan und Portachuelo, südlich von dem hohen Trachytgebirge el Pizarro. Auch nahe bei der Treppenpyramide von Cholula, an dem Wege nach la Puebla, habe ich Kalkstein zu Tage kommen sehen.

[132] (S. 254.) Der Cofre de Perote steht, im Südost des Fuerte oder Castillo de Perote, nahe dem östlichen Abfall der großen Hochebene von Meriko, fast isoliert da; seiner großen Masse nach ist er aber doch einem wichtigen Höhenzug angehörig, welcher sich, den Rand des Abfalls bildend, schon von Cruz blanca und Rio frio gegen las Vigas (lat. 19° 37′ 37″), über den Cofre von Perote (lat. 19° 28′ 57″, long. 99° 28′ 39″), westlich von Xicochimalco und Achilchotla, nach dem Pik von Orizaba (lat. 19° 2′ 17″, long. 99° 35′ 15″) in der Richtung von Norden nach Süden erstreckt: parallel der Kette (Popocatepetl—Iztaccihuatl), welche das Kesselthal der merikanischen Seen von der Ebene von la Puebla trennt. Da der Cofre sich in einem viele Meilen breiten Bimssteinfelde schroff erhoben hat, so hat es mir bei der winterlichen Besteigung (das Thermometer sank auf dem Gipfel den 7. Februar 1804 bis 2° unter den Gefrierpunkt) überaus interessant geschienen, daß die Bimssteinbedeckung, deren Dicke und Höhe ich an mehreren Punkten barometrisch beim Hinauf- und Herabsteigen maß, sich über 732 Fuß (238 m) erhebt. Die untere Grenze des Bimssteins in der Ebene zwischen Perote und Rio Frio ist 1187 Toisen (2313 m) über dem Meeresspiegel, die obere Grenze am nördlichen Abhange des Cofre 1309 Toisen (2551 m); von da an durch den Pinahuast, das Alto de los Caxones (1954 Toisen = 3607 m), wo ich die

Breite durch Kulmination der Sonne bestimmen konnte, bis zum Gipfel selbst war keine Spur von Bimsstein zu sehen. Bei Erhebung des Berges ist ein Teil der Bimssteindecke des großen Arenal, das vielleicht durch Wasser schichtweise geebnet worden ist, mit emporgerissen worden. Ich habe an Ort und Stelle in mein Journal (Februar 1804) eine Zeichnung dieses Bimssteingürtels eingetragen. Es ist dieselbe wichtige Erscheinung, welche im Jahr 1834 am Vesuv von Leopold von Buch beschrieben wurde, wo söhlige Bimssteintuffschichten durch das Aufsteigen des Vulkans, freilich zu größerer Höhe, 1800—1900 Fuß (5850—6170 m), gegen die Einsiedelei des Salvatore hin gelangten. Die Oberfläche des dioritartigen Trachytgesteins am Cofre war da, wo ich den höchsten Bimsstein fand, nicht durch Schnee der Beobachtung entzogen. Die Grenze des ewigen Schnees liegt in Mexiko unter der Breite von 19° und 18¼° erst in der mittleren Höhe von 2310 Toisen (4500 m); und der Gipfel des Cofre erreicht bis zum Fuß des kleinen hausartigen Würfelfelsens, wo ich die Instrumente aufstellte, 2098 Toisen oder 12 588 Fuß (4089 m) über dem Meere. Nach Höhenwinkeln ist der Würfelfels 21 Toisen oder 126 Fuß (41 m) hoch; also ist die Totalhöhe, zu der man wegen der senkrechten Felswand nicht gelangen kann, 12 714 Fuß (4130 m) über dem Meere. Ich fand nur einzelne Flecke sporadisch gefallenen Schnees, deren untere Grenze 11 400 Fuß (3703 m) war: ungefähr 700—800 Fuß (225—260 m) früher als die obere Waldgrenze in schönen Tannenbäumen: Pinus occidentalis, gemengt mit Cupressus sabinoides und Arbutus Madroño. Die Eiche, Quercus xalapensis, hatte uns nur bis 9700 Fuß (3150 m) absoluter Höhe begleitet. Der Name Nauhcampatepetl, welchen der Berg in der mexikanischen Sprache führt, ist von seiner eigentümlichen Gestalt hergenommen, die auch die Spanier veranlaßte, ihm den Namen Cofre zu geben. Er bedeutet: viereckiger Berg; denn nauhcampa, von dem Zahlwort nahui 4 gebildet, heißt zwar als Adv. von vier Seiten, aber als Adj. (obgleich die Wörterbücher dies nicht angeben) wohl ohne Zweifel viereckig oder vierseitig, wie diese Bedeutung der Verbindung nauhcampa ixquich beigelegt wird. Ein des Landes sehr kundiger Beobachter, Herr Pieschel, vermutet das Dasein einer alten Kraleröffnung am östlichen Abhange des Koffers von Perote. Die Ansicht des Cofre, welche ich in meinen Vues des Cordillères auf Pl. XXXIV gegeben, habe ich in der Nähe des Kastells San Carlos de Perote, in einer Entfernung von ungefähr zwei Meilen, entworfen. — Der altaztekische Name von Perote war Pinahuizapan und bedeutet (nach Buschmann): an dem Wasser der (für ein böses Wahrzeichen gehaltenen und zu abergläubischer Zeichendeutung gebrauchten) Käferart pinahuiztli: ein Name, welcher von pinahua, sich schämen, abgeleitet wird. Von demselben Verbum stammt der obige Ortsname Pinahuast (pinahuaztli) aus dieser Gegend; sowie der Name einer Staude

(Mimosacee?) pinahuihuiztli, von Hernandez herba verecunda übersetzt, deren Blätter bei der Berührung herabfallen.

[133] (S. 255.) „Je n'ai point connu," sagt La Condamine, „la matière de la lave en Amérique, quoique nous ayons, Mr. Bouguer et moi, campé des semaines et des mois entiers sur les volcans, et nommément sur ceux de Pichincha, de Cotopaxi et de Chimborazo. Je n'ai vu sur ces montagnes que des vestiges de calcination sans liquéfaction. Cependant l'espèce de cristal noirâtre appelé vulgairement au Pérou *Piedro de Gallinaço* (Obsidienne), dont j'ai rapporté plusieurs morceaux et dont on voit une lentille polie de sept à huit pouces de diamètre au Cabinet du Jardin du Roi, n'est autre chose qu'un verre formé par les volcans. La matière du torrent de feu qui découle continuellement de celui de Sangai dans la province de Macas, au sud-est de Quito, est sans doute une lave; mais nous n'avons vu cette montagne que de loin; et je n'étois plus à Quito dans le temps des dernières éruptions du volcan de Cotopaxi, lorsque sur ses flancs il s'ouvrit des espèces de soupiraux, d'où l'on vit sortir à flots des matières enflammées et liquides qui devoient être d'une nature semblable à la lave de Vésuve." Beide Beispiele, besonders das erstere, sind nicht glücklich gewählt. Der Sangay ist erst im Dezember des Jahres 1849 von Sebastian Wisse wissenschaftlich untersucht worden; was La Condamine in einer Entfernung von 27 geographischen Meilen für herabfließende leuchtende Lava, ja für „einen Erguß brennenden Schwefels und Erdpechs" hielt, sind glühende Steine und Schlackenmassen, welche bisweilen, nahe aneinander gedrängt, an dem steilen Abhange des Aschenkegels herabgleiten. Am Cotopaxi habe ich nicht mehr als am Tunguragua, Chimborazo, Pichincha, oder an dem Puracé und Sotara bei Popayan etwas gesehen, was für schmale Lavaströme, diesen Bergkolossen entflossen, gelten könnte. Die unzusammenhängenden glühenden, oft obsidianhaltigen Massen von 5—6 Fuß (1,6—2 m) Durchmesser, welche bei seinen Ausbrüchen der Cotopaxi hervorgeschleudert hat, sind, von Fluten geschmolzenen Schnees und Eises gestoßen, bis weit in die Ebene gelangt und bilden dort teilweise strahlenförmig divergierende Reihen. Auch sagt La Condamine an einem anderen Orte sehr wahr: „Ces éclats de rocher, gros comme une chaumière d'Indien, forment des traînées de rayons qui partent du Volcan comme d'un centre commun."

[134] (S. 255.) Guettards Abhandlung über die ausgebrannten Vulkane wurde 1752, also 3 Jahre vor La Condamines Reise nach Italien, in der Akademie verlesen; aber erst 1756, also während der italienischen Reise des Astronomen, gedruckt.

[135] (S. 259.) „Il y a peu de volcans dans la chaîne des Andes (sagt Leopold von Buch) qui aient offert des courants de laves, et jamais on n'en a vu autour des volcans de

Quito. L'Antisana, sur la chaîne orientale des Andes, est le seul volcan de Quito, sur lequel Mr. de Humboldt ait vu près du sommet quelque chose d'analogue à un courant de laves; cette coulée était tout à fait semblable à de l'Obsidienne."

[136] (S. 260.) „Nous différons entièrement sur la prétendue coulée d'Antisana vers Pinantura. Je considère cette coulée comme un soulèvement récent analogue à ceux de Calpi (Yana urcu), Pisque et Jorullo. Les fragments trachytiques ont pris une épaisseur plus considérable vers le milieu de la coulée. Leur *couche* est plus épaisse vers Pinantura que sur des points plus rapprochés d'Antisana. L'état fragmentaire est un effet du soulèvement local, et souvent dans la Cordillère des Andes les tremblements de terre peuvent être produit par des *tassements*." (Lettre de Mr. Boussingault, en août 1834.) In der Beschreibung seiner Besteigung des Chimborazo (Dezember 1831) sagt Boussingault: „Die Masse des Berges besteht nach meiner Ansicht aus einem Haufwerk ganz ohne alle Ordnung übereinander getürmter Trachyttrümmer. Diese oft ungeheuren Trachytstücke eines Vulkans sind in starrem Zustande gehoben; ihre Ränder sind scharf; nichts deutet darauf, daß sie in Schmelzung oder nur einmal im Zustand der Erweichung gewesen wären. Nirgends beobachtet man an irgend einem der Aequatorialvulkane etwas, was auf einen Lavastrom schließen lassen könnte. Niemals ist aus diesen Kratern etwas anderes ausgeworfen worden als Schlammmassen, elastische Flüssigkeiten und glühende, mehr oder weniger verschlackte Trachytblöcke, welche oft in beträchtliche Entfernungen geschleudert wurden." Ueber die erste Entstehung der Meinung von dem Gehobensein starrer Massen als aufgehäufter Blöcke s. Acosta in den Viajes á los Andes ecuatoriales por Mr. Boussingault, 1846, p. 222 und 223. Die durch Erdstöße und andere Ursachen veranlaßte Bewegung der aufgehäuften Bruchstücke und die allmähliche Ausfüllung der Zwischenräume soll nach des berühmten Reisenden Vermutung eine allmähliche Senkung vulkanischer Berggipfel hervorbringen.

[137] (S. 261.) Schmale, langgedehnte Granitmauern können bei den frühesten Faltungen der Erdrinde über Spalten aufgestiegen sein, den merkwürdigen, noch offen gebliebenen, analog, welche man am Fuß des Vulkans von Pichincha findet: als Guaycos der Stadt Quito, von 30—40 Fuß Breite.

[138] (S. 261.) Pasuchoa, durch die Meierei el Tambillo vom Atacazo getrennt, erreicht so wenig als der letztere die Region des ewigen Schnees. Der hohe Rand des Kraters, la Peila, ist gegen Westen eingestürzt, tritt aber gegen Osten amphitheatralisch hervor. Die Sage geht, daß am Ende des 16. Jahrhunderts der vormals thätige Pasuchoa bei Gelegenheit einer Eruption des Pichincha für immer zu speien aufgehört habe, was die Kommunikation zwischen

den Essen der einander gegenüberstehenden östlichen und westlichen Kordilleren bestätigt. Das eigentliche Bassin von Quito, dammartig geschlossen: im Norden durch einen Bergknoten zwischen Cotocachi und Imbaburo, gegen Süden durch die Altos de Chisinche (zwischen 0° 20′ N. und 0° 40′ S.), ist großenteils der Länge nach geteilt durch den Bergrücken von Ichimbio und Poingasi. Oestlich liegt das Thal von Puembo und Chillo, westlich die Ebene von Iñaquito und Turubamba. In der östlichen Kordillere folgen von Norden gegen Süden Imbaburo, die Faldas de Guamani und Antisana, Sinchulahua und die senkrechte, mit turmartigen Zacken gekrönte, schwarze Mauer von Ruminaui (Steinauge); in der westlichen Kordillere folgen Cotocachi, Casitagua, Pichincha, Atacazo, Corazon, auf dessen Abhang die prachtvolle Alpenpflanze, der rote Ranunculus Gusmani, blüht. Es schien mir hier der Ort, von einem für die vulkanische Geologie so wichtigen, klassischen Boden mit wenigen Zügen eine, aus eigener Ansicht geschöpfte, morphologische Darstellung der Reliefform zu geben.

[19] (S. 263.) Besonders auffallend ist es, daß der mächtige Vulkan Cotopaxi, welcher, freilich meist nur nach langen Perioden, eine ungeheure Thätigkeit offenbart und besonders durch die von ihm erzeugten Ueberschwemmungen verheerend auf die Umgegend wirkt, zwischen den periodischen Ausbrüchen keine, sei es in der Hochebene von Lactacunga, sei es von dem Paramo de Pansache aus, sichtbaren Dämpfe zeigt. Aus seiner Höhe von fast 18 000 Fuß (5850 m) und der dieser Höhe entsprechenden großen Dünnigkeit von Luft- und Dampfschichten ist eine solche Erscheinung, wegen mehrerer Vergleichungen mit anderen Vulkankolossen, wohl nicht zu erklären. Auch zeigt sich kein anderer Nevado der Aequatorialkordilleren so oft wolkenfrei und in so großer Schönheit als der abgestumpfte Kegel des Cotopaxi, d. h. der Teil, welcher sich über die Grenze des ewigen Schnees erhebt. Die ununterbrochene Regelmäßigkeit dieses Aschenkegels ist um vieles größer als die des Aschenkegels des Piks von Teneriffa, an dem eine schmale hervorstehende Obsidianrippe mauerartig herabläuft. Nur der obere Teil des Tunguragua soll ehemals durch Regelmäßigkeit der Gestaltung sich fast in gleichem Grade ausgezeichnet haben; aber das furchtbare Erdbeben vom 4. Februar 1797, die Katastrophe von Riobamba genannt, hat durch Spaltungen, Bergstürze und Herabgleiten losgerissener bewaldeter Trümmerflächen, wie durch Anhäufung von Schutthalden den Kegelberg des Tunguragua verunstaltet. Am Cotopaxi ist, wie schon Bouguer bemerkt, der Schnee an einzelnen Punkten mit Bimssteinbrocken gemengt, und bildet dann fast eine feste Masse. Eine kleine Unebenheit in dem Schneemantel wird gegen Nordwesten sichtbar, wo zwei kluftartige Thäler herabgehen. Zum Gipfel aufsteigende schwarze Felsgrate sieht man von weitem nirgends, obgleich bei der Eruption vom 24. Juni und 9. Dezember 1742 auf halber Höhe des mit Schnee bedeckten

Aschenkegels eine Seitenöffnung sich zeigte. „Il s'étoit ouvert,“ sagt Bouguer, „une nouvelle bouche vers le milieu de la partie continuellement neigée, pendant que la flamme sortoit toujours par le haut du cône tronqué.“ Bloß ganz oben, nahe dem Gipfel, erkennt man einige horizontale, einander parallele, aber unterbrochene, schwarze Streifen. Durch das Fernrohr bei verschiedener Beleuchtung betrachtet schienen sie mir Felsgrate zu sein. Dieser ganze obere Teil ist steiler und bildet fast nahe an der Abstumpfung des Kegels einen mauerartigen, doch nicht in großer Ferne mit bloßen Augen sichtbaren Ring von ungleicher Höhe. Meine Beschreibung dieser fast senkrechten, obersten Umwallung hat schon lebhaft die Aufmerksamkeit zweier ausgezeichneter Geologen, Darwin und Dana, auf sich gezogen. Die Vulkane der Galapagosinseln, Diana Peak auf St. Helena, Tenerifa und Cotopaxi zeigen analoge Bildungen. Der höchste Punkt, dessen Höhenwinkel ich bei der trigonometrischen Messung am Cotopaxi bestimmte, lag in einer schwarzen Konvexität. Vielleicht ist es die innere Wand des höheren, entfernteren Kraterrandes; oder wird die Schneelosigkeit des hervortretenden Gesteins zugleich durch Steilheit und Kraterwärme veranlaßt? Im Herbst des Jahres 1800 sah man in einer Nacht den ganzen oberen Teil des Aschenkegels leuchten, ohne daß eine Eruption oder auch nur ein Ausstoßen von sichtbaren Dämpfen darauf folgten. Dagegen hatte bei dem heftigen Ausbruch des Cotopaxi vom 4. Januar 1803, wo während meines Aufenthaltes an der Südseeküste das Donnergetöse des Vulkans die Fensterscheiben im Hafen von Guayaquil (in 37 geogr. Meilen = 275 km Entfernung) erschütterte, der Aschenkegel ganz seinen Schnee verloren und bot einen Unglück verheißenden Anblick dar. War solche Durchwärmung je vorher bemerkt worden? Auch in der neuesten Zeit, wie uns die vortreffliche, kühne, erdumwandernde Frau Ida Pfeiffer lehrt, hat Anfang April 1854 der Cotopaxi einen heftigen Ausbruch von dicken Rauchsäulen gehabt, „durch die sich das Feuer gleich blitzenden Flammen schlängelte“. Sollte das Lichtphänomen Folge des durch Verdampfung erregten vulkanischen Gewitters gewesen sein? Die Ausbrüche sind häufig seit 1851.

Je regelmäßiger die Figur des schneebedeckten, abgestumpften Kegels selbst ist, desto auffallender ist an der unteren Grenze der ewigen Schneeregion, da, wo die Kegelform beginnt, im Südwesten des Gipfels, die Erscheinung einer grotesk-zackigen, drei- bis vierspitzigen, kleinen Gesteinmasse. Der Schnee bleibt wahrscheinlich wegen ihrer Steilheit nur fleckenweise auf derselben liegen. Ein Blick auf meine Abbildung (Atlas pittoresque du Voyage Pl. 10) stellt das Verhältnis zum Aschenkegel am deutlichsten dar. Ich habe mich dieser schwarzgrauen, wahrscheinlich basaltischen Gesteinmasse am meisten in der Quebrada und Reventazon de Minas genähert. Obgleich in der ganzen Provinz seit Jahrhunderten dieser weit sichtbare Hügel, sehr fremdartigen Anblicks, allgemein la Cabeza

del Inga genannt wird, so herrschen doch über seinen Ursprung unter den farbigen Eingeborenen (Indios) zwei sehr verschiedene Hypothesen: nach der einen wird bloß behauptet, ohne Angabe der Zeit, in der die Begebenheit vorgefallen sei, daß der Fels der herabgestürzte Gipfel des einst in eine Spitze endigenden Vulkans sei; nach einer andern Hypothese wird die Begebenheit in das Jahr (1533) verlegt, in welchem der Inka Atahuallpa in Caxamarca erdrosselt wurde, und so mit dem in demselben Jahre erfolgten, von Herrera beschriebenen, furchtbaren Feuerausbruche des Cotopaxi, wie auch mit der dunklen Prophezeiung von Atahuallpas Vater, Huayna Capac, über den nahen Untergang des peruanischen Reichs in Beziehung gesetzt. Sollte das, was beiden Hypothesen gemeinsam ist: die Ansicht, daß jenes Felsenstück vormals die Endspitze des Kegels bildete, der traditionelle Nachklang oder die dunkle Erinnerung einer wirklichen Begebenheit sein? Die Eingeborenen, sagt man, würden bei ihrer Unkultur wohl Thatsachen auffassen und im Gedächtnis bewahren, aber sich nicht zu geognostischen Kombinationen erheben können. Ich bezweifle die Richtigkeit dieses Einwurfs. Die Idee, daß ein abgestumpfter Kegel „seine Spitze verloren“, sie unzertrümmert weggeschleudert habe, wie bei späteren Ausbrüchen große Blöcke ausgeworfen wurden, kann sich auch bei großer Unkultur darbieten. Die Treppenpyramide von Cholula, ein Bauwerk der Tolteken, ist abgestumpft. Es war den Eingeborenen ein Bedürfnis, sich die Pyramide als ursprünglich vollendet zu denken. Es wurde die Mythe ersonnen, ein Aerolith, vom Himmel gefallen, habe die Spitze zerstört, ja Teile des Aerolithe wurden den spanischen Konquistadoren gezeigt. Wie kann man dazu den ersten Ausbruch des Vulkans Cotopaxi in eine Zeit versetzen, wo der Aschenkegel (Resultat einer Reihe von Eruptionen) schon vorhanden gewesen sein soll? Mir ist es wahrscheinlich, daß die Cabeza del Inga an der Stelle, welche sie jetzt einnimmt, entstanden ist, daß sie dort erhoben wurde, wie am Fuß des Chimborazo der Yana-Urcu, wie am Cotopaxi selbst der Morro südlich von Suniguaicu und nordwestlich von der kleinen Lagune Yurakcocha (im Quechhua: weißer See).

Ueber den Namen des Cotopaxi habe ich im 1. Bande meiner kleineren Schriften (S. 463) gesagt, daß nur der erste Teil derselben sich durch die Quechhuasprache deuten lasse, indem er das Wort ccotto, Haufe, sei, daß aber pacsi unbekannt sei. La Condamine deutet den ganzen Namen des Berges, indem er sagt: „Le nom signifie en langue des Incas *masse brillante*.“ Buschmann bemerkt aber, daß dabei an die Stelle von pacsi das davon gewiß ganz verschiedene Worte pacsa gesetzt worden sei, welches Glanz, Schein, besonders den sanften des Mondes, bedeutet; um glänzende Masse auszudrücken, müßte dazu nach dem Geiste der Quechhuasprache die Stellung beider Wörter die umgekehrte sein: pacsaccotto.

[140] (S. 263.) Wie oft ist seit dem Erdbeben vom 19. Juli

1698 das Städtchen Lactacunga zerstört und von Bimssteinquadern aus den unterirdischen Steinbrüchen von Zumbalica wieder aufgebaut worden! Nach historischen Dokumenten, welche mir bei meiner Anwesenheit aus alten Abschriften oder aus neueren, teilweise geretteten Dokumenten des Stadtarchives mitgeteilt wurden, traten die Zerstörungen ein: in den Jahren 1703, 1736, 9. Dezember 1742, 30. November 1744, 22. Februar 1757, 10. Februar 1766 und 4. April 1768, also siebenmal in 65 Jahren! Im Jahr 1802 fand ich noch $^4/_5$ der Stadt in Trümmern, infolge des großen Erdbebens von Riobamba am 4. Februar 1797.

141 (S. 264.) Diese Verschiedenheit ist auch schon von dem scharfsinnigen Abich erkannt worden.

142 (S. 264.) Das Gestein des Cotopaxi hat wesentlich dieselbe mineralogische Zusammensetzung als die ihm nächsten Vulkane, der Antisana und Tunguragua. Es ist ein Trachyt, aus Oligoklas und Augit zusammengesetzt, also ein Chimborazogestein: ein Beweis der Identität derselben vulkanischen Gebirgsart in Massen der einander gegenüberstehenden Kordilleren. In den Stücken, welche ich 1802 und Boussingault 1831 gesammelt, ist die Grundmasse teils licht oder grünlich grau, pechsteinartig glänzend, und an den Kanten durchscheinend; teils schwarz, fast basaltartig, mit großen und kleinen Poren, welche glänzende Wandungen haben. Der eingeschlossene Oligoklas liegt darin scharf begrenzt, bald in stark glänzenden, sehr deutlich auf den Spaltungsflächen gestreiften Kristallen, bald ist er klein und mühsam zu erkennen. Die wesentlich eingemengten Augite sind bräunlich und schwärzlich-grün, und von sehr verschiedener Größe. Selten und wohl nur zufällig eingesprengt sind dunkle Glimmerblättchen und schwarze, metallisch glänzende Körner von Magneteisen. In den Poren einer oligoklasreichen Masse lagert etwas gediegener Schwefel, wohl abgesetzt von den alles durchdringenden Schwefeldämpfen.

143 (S. 265.) „Le Volcan de Maypo (lat. austr. 34° 15′), qui n'a jamais rejeté de ponces, est encore éloigné de deux journées de la colline de Tollo, de 300 pieds de hauteur et toute composée de ponces qui renferment du feldspat vitreux, des cristaux bruns de mica et de petits fragments d'obsidienne. C'est donc une éruption (indépendente) isolée tout au pied des Andes et près de la plaine.“ Léop. de Buch, description physique des Iles Canaries 1836, p. 470.

144 (S. 266.) Die Versuche von Bischof, Charles Deville und Delesse haben über die Faltung des Erdkörpers ein neues Licht verbreitet. Vergl. auch die älteren sinnreichen Betrachtungen von Babbage bei Gelegenheit seiner thermischen Erklärung des Problems, welches der Serapistempel nördlich von Pozzuoli darbietet, im Quarterly Journal of the Geological Soc. of London Vol. III, 1847, p. 186; Charles Deville, Sur la diminution de densité dans les roches en passant de l'état

cristallin à l'état vitreux, in den Comptes rendus de l'Acad. des Sciences T. XX, 1845, p. 1453; Delesse, Sur les effets de la fusion T. XXV, 1847, p. 545; Louis Frapolli, Sur le caractère géologique, im Bulletin de la Soc. géol. de France, 2ème Série, T. IV, 1847, p. 627; und vor allem Elie de Beaumont in seinem wichtigen Werke, Notice sur les systèmes de Montagnes, 1852, T. III. Folgende drei Abschnitte verdienen eine besondere Aufmerksamkeit der Geologen: considération sur les soulèvements dûs à une diminution lente et progressive du volume de la terre, p. 1330; sur *l'écrasement transversal*, nommé *refoulement* par Saussure, comme une des causes de l'élévation des chaînes de montagnes, p. 1317, 1333 und 1346; sur la contraction que les roches fondues éprouvent en cristallisant, tendant dès le commencement du refroidissement du globe à rendre sa masse interne plus petite que la capacité de son enveloppe extérieure, p. 1235.

[145] (S. 266.) „Les eaux chaudes de Saragan à la hauteur de 5260 pieds sont remarquables par le rôle que joue le gaz acide carbonique qui les traverse à l'époque des tremblements de terre. Le gaz à cette époque, comme l'hydrogène carboné de la presqu'île d'Apchéron, augmente de volume et s'échauffe avant et pendant les tremblements de terre dans la plaine d'Ardébil. Dans la presqu'île d'Apchéron la température s'élève de 20° jusqu'à l'inflammation spontanée au moment et à l'endroit d'une éruption ignée, pronostiquée toujours par des tremblements de terre dans les provinces de Chémakhi et d'Apchéron." Abich in den Mélanges physiques et chimiques T. II, 1855, p. 364 und 365.

[146] (S. 267.) In der sehr lehrreichen und angenehmen Schrift Souvenirs d'un Naturaliste par A. de Quatréfages. 1854, T. II, p. 464 wird die obere Grenze der flüssigen geschmolzenen Schichten bis auf die geringe Tiefe von 20 Kilometer heraufgerückt: „puisque la plupart des Silicates fondent déjà à 666° cent." „Diese niedrige Angabe," bemerkt Gustav Rose, „beruht auf einem Irrtum. Die Temperatur von 1300°, welche Mitscherlich als Schmelzpunkt des Granits angegeben, ist gewiß das Minimum, was man annehmen kann. Ich habe mehrmals Granit auf die heißesten Stellen des Porzellanofens setzen lassen, und immer schmolz derselbe unvollständig. Nur der Glimmer schmilzt dann mit dem Feldspat zu einem blasigen Glase zusammen; der Quarz wird undurchsichtig, schmilzt aber nicht. So ist es mit allen Gebirgsarten, die Quarz enthalten; und man kann sogar dieses Mittel anwenden, um Quarz in Gebirgsarten zu entdecken, wo seine Menge so gering ist, daß man ihn mit bloßen Augen nicht erkennen kann: z. B. bei dem Syenit des Plauenschen Grundes, und im Diorit, den wir gemeinschaftlich 1829 von Alapajewsk im Ural gebracht haben. Alle Gesteine, welche keinen Quarz und überhaupt keine so

kieselsäurereichen Mineralien enthalten als der Granit, z. B. der Basalt, schmelzen leichter als Granit im Porzellanfeuer zu einem vollkommenen Glase, aber nicht über der Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge, die doch gewiß eine Temperatur von 666° hervorzubringen imstande ist." In Bischofs merkwürdigen Versuchen, bei dem Gießen einer Basaltkugel, schien selbst der Basalt nach einigen hypothetischen Voraussetzungen eine 165° R. höhere Temperatur als der Schmelzpunkt des Kupfers zu erfordern.

[147] (S. 268.) Kosmos Bd. IV, S. 156. Vergl. auch über die ungleiche Verbreitung des Eisbodens und die Tiefe, in der er beginnt, unabhängig von der geographischen Breite, die merkwürdigen Beobachtungen von Kap. Franklin, Erman, Kupffer und vorzüglich von Middendorff a. a. O. S. 42, 47 und 167.

[148] (S. 269.) Ueber Vivarais und Velay s. die neuesten, sehr genauen Untersuchungen von Girard in seinen geologischen Wanderungen Bd. I (1856), S. 161, 173 und 214. Die alten Vulkane von Olot sind aufgefunden von dem amerikanischen Geologen Maclure 1808, besucht von Lyell 1830, und schön beschrieben und abgebildet von demselben in seinem Manual of Geology, 1855, p. 535–542.

[149] (S. 270.) Die Ausbrüche von Fayal (1672) und S. Jorge (1580 und 1808) scheinen von dem Hauptvulkan, dem Pico, abzuhängen.

[150] (S. 271.) Darwin über: „the great hollow space or valley southward of the central curved ridge, across which the half of the crater must once have extended. It is interesting to trace the steps, by which the structure of a volcanic district becomes obscured and finally obliterated."

[151] (S. 273.) Der Mongo ma Lobah oder Götterberg, nicht Mongo ma Leba, wie im Texte steht, wurde zuerst im Dezember 1861 und Januar 1862 von Kapitän Richard Ferdinand Burton und dem deutschen Botaniker Mann, dann 1877 von Comber, 1879 von Robert Flegel und im Dezember 1884 von Stanislaus von Rogoszinski und Hugo Zöller erstiegen. Der auch kurzweg Kamerun-Pik genannte Berg steigt in seinem südlichsten Gipfel, dem Mongo ma Etindeh, zu 1933, im Mount Helen zu 2810, im Mongo ma Lobah aber zu 4190 m auf. Der letztere ist ein mächtiger Bergriese, an dessen weitem Krater sich zwei Kegel (Albert und Viktoria) erheben. Lavaeruptionen sind seit Menschengedenken nicht vorgekommen, aber erkaltete Lavaströme verschiedenen Alters ziehen sich an den Seiten herab, und rauchende Solfataren in der Nähe der höchsten Gipfel zeigen an, daß die innere Glut noch nicht erloschen ist. [D. Herausg.]

[152] (S. 273.) Unter dem Schneeberge Kignea des Textes ist wohl der Kenia zu verstehen, ein ungeheurer vulkanischer Kegel, dessen Höhe annähernd auf 5400—5500 geschätzt wird. Dr. Krapf war der erste Europäer, welcher 1849 seine beiden schneeigen Gipfel gesehen hat, aber erst 1883 gelang es dem Engländer Joseph

Thomson, den Fuß des Berges selbst zu erreichen, welchen die umwohnende wilde Völkerschaft der Masai den Dongio Egari oder Dönje Engai nennen. Der Kenia trägt trotz seiner Nähe am Aequator ewigen Schnee und ebenso der benachbarte Kilimandscharo, welcher 1848 von den deutschen Missionären Rebmann und Kropf entdeckt und von dem Baron von der Decken in Begleitung Otto Kerstens bis zu 4236 m erstiegen wurde. Im Jahr 1871 erstieg ihn bis zur Schneegrenze der englische Missionär Charles New und 1883 der oben erwähnte Thomson, welcher den östlicheren Pik, den Kimawendsi zu 4944 m, den westlicheren, den die Eingeborenen Kibo nennen, aber zu 5746 m angibt. Auch er erreichte nicht den Gipfel, ebensowenig H. H. Johnston, welcher 1884 zweimal die Ersteigung versuchte, aber nur bis 4973 m Höhe gelangte. Erst Dr. Hans Meyer kam 1887 bis zum Kraterrande des Kibo. Der Kilimandscharo ist ein unzweifelhafter Vulkan und, soweit wir wissen, der höchste Berg Afrikas. [D. Herausg.]

153 (S. 274.) Die Vermutung von dem Vorhandensein großer Wasserbecken in Afrika südlich vom Aequator hat sich bekanntlich im reichsten Maße bestätigt, doch fanden sich daselbst weiter keine Vulkane. [D. Herausg.]

154 (S. 274.) Die Höhe des Demavend über dem Meere wurde von Ainsworth zu 2298 Toisen (4478 m) angegeben; aber nach Berichtigung einer wahrscheinlich auf einem Schreibfehler beruhenden Barometerhöhe beträgt sie, zufolge der Tafeln von Oltmanns, volle 2914 Toisen (5679 m). Eine noch etwas größere Höhe, 3141 Toisen (6122 m), geben die gewiß sehr sicheren Höhenwinkel meines Freundes, des kaiserlich russischen Kapitäns Lemm, im Jahre 1839: aber die Entfernung ist nicht trigonometrisch begründet, sondern beruht auf der Voraussetzung, daß der Vulkan Demavend 66 Werste (1 Aequatorialgrad = $104\frac{3}{10}$ Werst) von Teheran entfernt sei. Es scheint demnach, daß der persische, dem südlichen Ufer des Kaspischen Meeres so nahe, aber von der kolchischen Küste des Schwarzen Meeres an 150 geographische Meilen (1113 km) entfernte, mit ewigem Schnee bedeckte Vulkan Demavend den großen Ararat um 2800 Fuß (909 m), den kaukasischen Elbrus um vielleicht 1500 Fuß (487 m) übertrifft. Ueber den Vulkan Demavend s. Ritter, Erdkunde von Asien Bd. VI, Abt. 1, S. 551 bis 571; und über den Zusammenhang des Namens Albordj aus der mythischen und darum so unbestimmten Geographie des Zendvolkes mit den modernen Namen Elburz (Kuh Alburz des Kazwini) und Elbrus S. 43 bis 49, 424, 552 und 555. [Neueren Angaben zufolge ist der Demavend 5628 m hoch. — D. Herausg.]

155 (S. 274.) Der Pe-schan des Textes ist wohl identisch mit dem Baï-schan, welcher sich jedoch als ein brennendes Kohlenlager entpuppt hat. A. von Middendorff hat nachgewiesen, daß dasselbe schon mindestens ein Jahrtausend lang so fortbrennt, wie noch heutzutage. [D. Herausg.]

[156] (S. 277.) Humboldts Wunsch ist seither erfüllt worden. Oberst Prschewalski, Oberstlieutenant Sosnowski, Professor Muschketow und andere russische Forscher haben den Turfan, Hami und den Baï-schan besucht, die Lehre vom Vulkanismus des Tian-schan hat aber durch die Forschungen des Oesterreichers Dr. Ferdinand Stoliczka einige Unterstützung gefunden, welcher in den Gebirgen östlich von Ferghana (im Koktau und Terek-Tagh der Alaikette) erloschene Vulkane unfraglich nachgewiesen hat. [D. Herausg.]

[157] (S. 278.) Elburuz, Kasbegk und Ararat nach Mitteilungen von Struve. [Neuere Messungen ergeben für die jetzt Elbrus und Kasbek geschriebenen Berge 5660 und 5043 m, für den Ararat 5171 m. — D. Herausg.] — Die im Text angegebene Höhe von dem ausgebrannten Vulkan Savalan westlich von Ardebil (15760 engl. Fuß) ist auf eine Messung von Chanykow gegründet. Um bei Anführung der Quellen, aus denen ich geschöpft, eine ermüdende Wiederholung zu vermeiden, erkläre ich hier, daß alles, was im geologischen Abschnitt des Kosmos sich auf den wichtigen kaukasischen Isthmus bezieht, handschriftlichen, mir auf die edelste und freundschaftlichste Weise zu freier Benutzung mitgeteilten Aufsätzen von Abich aus den Jahren 1852 bis 1855 entlehnt ist.

[158] (S. 284.) Die Insel Sachalin, Tschoka oder Tarakai wird von den japanischen Seeleuten Krafto genannt (geschrieben Karafuto). Sie liegt der Mündung des Amur (des Schwarzen Flusses, Sachalian Ula) gegenüber; ist von gutmütigen, dunkelfarbigen, bisweilen etwas behaarten Aino bewohnt. Der Admiral Krusenstern glaubte, wie auch früher die Begleiter von la Pérouse (1787) und Broughton (1797), daß Sachalin durch einen schmalen, sandigen Isthmus (Br. 52° 5′) mit dem asiatischen Kontinent zusammenhänge; aber zufolge der wichtigen von Franz von Siebold mitgeteilten japanischen Nachrichten ist nach einer von Mamia Rinsô, dem Chef einer kaiserlich japanischen Kommission, im Jahr 1808 aufgenommenen Karte Krafto keine Halbinsel, sondern eine auf allen Seiten vom Meer umflossenes Land. Das Resultat des verdienstlichen Mamia Rinsô ist neuerlichst im Jahre 1855, als die russische Flotte in der Baie de Castries (Br. 51° 29′) bei Alexandrowsk, also im Süden des vermeintlichen Isthmus, vor Anker lag und sich doch in die Amurmündung (Br. 52° 54′) zurückziehen konnte, vollkommen, wie Siebold meldet, bestätigt worden. In der Meerenge, in welcher man ehemals den Isthmus vermutete, sind bei der Durchfahrt an einigen Stellen nur fünf Faden Tiefe gefunden. Die Insel fängt an wegen der Nähe des großen Amur- oder Sachalinstromes politisch wichtig zu werden. Ihr Name, ausgesprochen Karafto oder Krafto, ist die Zusammenziehung von Kara-fu-to, d. i. nach Siebold „die an Kara grenzende Insel“, da in japanisch-chinesischer Mundart Kara das nördlichste China (die Tatarei) bezeichnet, und fu nach dem zuletzt genannten scharfsinnigen Gelehrten hier „daneben liegend“ bedeutet. Tschoka ist eine Verstümmelung

von Tsjokai, und Tarakai aus Mißverständnis von dem Namen eines einzelnen Dorfes Taraika hergenommen. Nach Klaproth ist Taraikai oder Tarakai der heimische Ainoname der ganzen Insel.

[159] (S. 285.) In den Meridianstreifen der südostasiatischen Inselwelt sind auch die Küsten von Cochinchina seit dem Meerbusen von Tonkin, die von Malakka seit dem Meerbusen von Siam, ja selbst die von Neuholland südlich vom 25. Parallelgrad meist nord-südlich abgeschnitten.

[160] (S. 293.) Vergl. meine Fragments de Géologie et de Climatologie asiatiques T. I. p. 82. die gleich nach meiner Rückkehr von der sibirischen Expedition erschienen sind, und die Asie centrale, in welcher ich die von Klaproth geäußerte Meinung, der ich früher selbst anhing und die den Zusammenhang der Schneeberge des Himalaya mit der chinesischen Provinz Yün-nan und als Nanling nordwestlich von Kanton wahrscheinlich machte, widerlegt habe. Die über 11000 Fuß (3750 m) hohen Gebirge von Formosa gehören, wie der, Fu-kian westlich begrenzende Ta-ju-ling, zu dem System der Meridianspalten am oberen Assam im Lande der Birmanen und in der Gruppe der Philippinen.

[161] (S. 293.) Außer dem nur 213 m hohen Taal und dem Albay oder Mayon, dessen Höhe aber nicht, wie im Texte angegeben, 974, sondern 2436 m beträgt und der 1876 von dem österreichischen Geologen Dr. Richard Ritter von Drasche erstiegen wurde, kennt man im südlichen Luzon heute noch den noch nie bestiegenen thätigen Vulkan Bulasan, nebst einer großen Anzahl gewaltiger erloschener Feuerberge, deren Gipfel bis 2440 m über das Meer ragen. [D. Herausg.]

[162] (S. 294.) Marco Polo unterscheidet Giava minore (Sumatra), wo er sich 5 Monate aufhielt und den in Java fehlenden Elefanten beschreibt, von der früher beschriebenen Giava (maggiore): la quale, secondo dicono i marinai, che bene lo sanno, è l'isola più grande che sia al mondo. Diese Behauptung ist heute noch wahr. Nach den Umrissen der Karte von Borneo und Celebes von James Brooke und Kap. Rodney Mundy finde ich das Areal von Borneo 12920 geographische Quadratmeilen (711412 qkm), nahe gleich dem von der Insel Neuguinea, aber nur 1/10 des Kontinents von Neuholland. [In Wahrheit ist Borneo nur 516300 qkm groß und somit die drittgrößte Insel der Erde, denn sie wird von Neuguinea mit 774350 und von Madagaskar mit 589380 qkm übertroffen. D. Herausg.] — Marco Polos Nachricht von dem „vielen Golde und den großen Reichtümern, welche die mercanti di Zaiton e del Mangi“ von dort ausführen, beweist, daß er (wie auch noch Martin Behaim auf dem Nürnberger Globus von 1492 und Johann Ruysch in der, für die Entdeckungsgeschichte von Amerika so wichtigen, römischen Ausgabe des Ptolemäus von 1508 thun) unter Java major Borneo versteht.

[163] (S. 294.) Kap. Mundys Karte gibt gar 14000 engl. Fuß

(13 135 Par. Fuß = 4267 m) an. Zweifel gegen diese Angabe siehe in Junghuhns Java Bd. II, S. 850. Der Koloß Kina Bailu ist kein Kegelberg; seiner Gestalt nach gleicht er vielmehr den unter allen Breiten vorkommenden Basaltbergen, die einen langen Rücken mit zwei Endkuppen bilden.

[164] (S. 298.) Die höchste Erhebung Madagaskars ist der Tsiafajavona, d. h. „der Berg, zu dem die Wolken nicht hinanklimmen können"; er mißt aber bloß 2728 m. [D. Herausg.]

[165] (S. 299.) „Nous n'avons pu former," sagt d'Entrecasteaux, „aucune conjecture sur la cause de l'incendie de l'Ile d'Amsterdam. L'île étoit embrasée dans toute son étendue, et nous avons bien distinctement reconnu l'odeur de bois et de terre brûlés. Nous n'avons rien senti qui pût faire présumer que l'embrasement fût l'effet d'un volcan." „Cependant," heißt es einmal früher, „l'on a remarqué le long de la côte que nous avons suivie, et d'où la flamme étoit assez éloignée, de petites bouffées de fumée qui sembloient sortir de la terre comme par jets; on n'a pu néanmoins distinguer la moindre trace de feu tout autour, quoique nous fussions très-près de la terre. Ces jets de fumée se montrant par intervalles ont paru à MM. les naturalistes être des indices presque assurés de feux souterrains." Soll man hier auf Erdbrände, auf Entzündung von Ligniten schließen, deren Schichten, von Basalt und Tuff bedeckt, auf vulkanischen Inseln (Bourbon, Kerguelenland und Island) so häufig vorkommen? Der Surtarbrand auf der letztgenannten Insel hat seinen Namen nach skandinavischen Mythen von dem den Weltbrand verursachenden Feuerriesen Surtr. Aber die Erdbrände selbst verursachen gewöhnlich keine Flammen. — Da in neuerer Zeit die Namen der Inseln Amsterdam und St. Paul leider auf Karten oft verwechselt worden sind, so ist, damit, bei ihrer sehr verschiedenen Gestaltung, nicht der einen zugeschrieben werde, was auf der anderen beobachtet wird, hier im allgemeinen zu bemerken, daß von den fast unter einem und demselben Meridian liegenden 2 Inseln ursprünglich (schon am Ende des 17. Jahrhunderts) die südliche St. Paul, die nördliche Amsterdam benannt wurde. Der Entdecker Vlaming gab der ersteren die Breite von 38° 40′, der zweiten 37° 48, im Süden des Aequators. Diese Benennung und Ortsbestimmungen kommen merkwürdig mit dem überein, was ein Jahrhundert später d'Entrecasteaux auf der Expedition zur Aufsuchung von la Pérouse gefunden hat: nämlich für Amsterdam nach Beautemps-Beaupré 37° 47′ 46″ (long. 75° 51′), für St. Paul 38° 38′. Eine so große Uebereinstimmung muß für Zufall gelten, da die Beobachtungsörter gewiß nicht ganz dieselben waren. Dagegen hat Kap. Blackwood auf seiner Admiralitätskarte von 1842 für St. Paul 38° 44′ und long. 75° 17′. Auf den Karten, welche der Originalausgabe der Reisen des unsterblichen Weltumseglers Cook beigegeben worden sind, z. B. der ersten und zweiten Expedition, wie der dritten und

letzten Reise, ja selbst aller drei Expeditionen ist die Insel St. Paul sehr richtig als die südlichere angegeben, aber in dem Texte der Reise von d'Entrecasteaux wird tadelnd erwähnt (ob mit Recht, bleibt mir bei vielem Nachsuchen der Ausgaben auf den Bibliotheken von Paris, Berlin und Göttingen mehr als zweifelhaft), „daß auf der Spezialkarte der letzten Cookschen Expedition die Insel Amsterdam südlicher als St. Paul gesetzt sei". Wenn eine ebensolche Umkehrung der Benennungen im ersten Drittel des jetzigen Jahrhunderts, z. B. auf den älteren verdienstlichen Weltkarten von Arrowsmith und Purdy (1833), ganz gegen den ursprünglichen Willen des Entdeckers, Willem de Vlaming, häufig ist, so haben wohl mehr noch als eine Spezialkarte von Cooks dritter Reise dazu gewirkt: 1) die Willkür auf den Karten von Cox und Mortimer; 2) der Umstand, daß in dem Atlas der Reise von Lord Macartney nach China die schön und rauchend abgebildete vulkanische Insel zwar sehr richtig St. Paul, unter lat. 38° 42′, genannt wird, aber mit dem bösen Beisatz: „commonly called Amsterdam"; und daß, was noch schlimmer ist, in der Reisebeschreibung selbst Staunton und Dr. Gillan dies „Island still in a state of inflammation" immerfort Amsterdam nennen, ja sogar p. 226 hinzusetzen (nachdem sie p. 219 die wahre Breite gegeben), „that St. Paul is lying to the northward of Amsterdam"; 3) die gleiche Verwechselung der Namen durch Barrow, der die Rauch und Flammen gebende südlichere Insel, welcher er ebenfalls die Breite von 38° 42′ beilegt, auch Amsterdam nennt. Malte-Brun beschuldigt Barrow mit Recht, aber sehr irrig Mr. de Rossel und Beautemps-Beaupré. Die letzteren beiden geben der Insel Amsterdam, die sie allein abbilden, 37° 47′; der Insel St. Paul, weil sie 50′ südlicher liegt, 38° 38′ und zum Beweise, daß die Abbildung die wahre Insel Amsterdam von Willem de Vlaming vorstellt, fügt Beautemps-Beaupré in seinem Atlas die Kopie des viel bewaldeten Amsterdam aus Valentyn hinzu. Weil der berühmte Seefahrer Abel Tasman 1642 neben Middelburg, in der Tongagruppe, die Insel Tonga Tabu Amsterdam genannt hat in lat. 21½°, so ist wieder aus Mißverständnis bisweilen Tasman als Entdecker von Amsterdam und St. Paul im Indischen Ozean aufgeführt worden.

[166] (S. 301.) D'Urville, Voy. de la Corvette l'Astrolabe 1826—1829, Atlas Pl. I: 1) Die Polynésie soll enthalten den östlichen Teil der Südsee (die Sandwichinseln, Tahiti und den Tongaarchipel, aber auch Neuseeland); 2) Micronésie und Melanésie bilden den westlichen Teil der Südsee; die erstere erstreckt sich von Kauai, der westlichsten Insel der Sandwichgruppe, bis nahe an Japan und die Philippinen, und reicht südlich bis an den Aequator, begreifend die Marianen (Ladronen), Karolinen und Pelewinseln; 3) Melanésie (wegen der dunkellockigen Menschenrasse), in Nordwest an die Malaisie grenzend, umfaßt die kleinen Archipele von Viti oder Fidji, der Neuen Hebriden und Salomonsinseln; ferner die

größeren Inseln Neukaledonien, Neubritannien, Neuirland und Neuguinea. Die oft geographisch so widersprechend angewandten Namen Océanie und Polynésie sind von Malte-Brun (1813) und von Lesson (1828) eingeführt.

[167] (S. 301.) „The epithet *scattered* as applied to the islands of the Ocean (in the arrangement of the groups) conveys a very incorrect idea of their positions. There is a system in their arrangement as regular as in the mountain heights of a continent, and ranges of elevations are indicated, as grand and extensive, as any continent presents. Geology by J. Dana, or United States' Exploring Exped. under the command of Charles Wilkes Vol. X (1849), p. 12. Dana zählt in der ganzen Südsee, kleine Klippeninseln abgerechnet, auf 350 basaltische oder trachytische und 290 Koralleninseln. Er teilt sie in 25 Gruppen, von denen 19 im Mittel die Achsenrichtung N 50°—60° W und 6 die Achsenrichtung N 20°—30° O haben. Ueberaus auffallend ist, daß diese Zahl von Inseln alle, wenige Ausnahmen (wie die Sandwichgruppe und Neuseeland) abgerechnet, zwischen 23° 28′ nördlicher und südlicher Breite liegen und daß ein so ungeheurer inselleerer Raum östlich von der Sandwich- und der Nukahivagruppe bis zu den amerikanischen Küsten von Mexiko und Peru übrig bleibt. Dana fügt zugleich die Betrachtung hinzu, welche mit der so unbedeutend kleinen Zahl jetzt thätiger Vulkane kontrastiert, daß, wenn wahrscheinlicherweise die Koralleneilande da, wo sie zwischen ganz basaltischen Inseln liegen, ebenfalls ein basaltisches Fundament haben, die Zahl der unter- und überseeischen Vulkanöffnungen (submariner und subaerialer) auf mehr denn tausend angeschlagen werden kann (p. 17 und 24).

[168] (S. 302.) Die Abwesenheit von Aschenkegeln ist auch sehr merkwürdig in den Lavaströme ergießenden Vulkanen der Eifel. Daß es aber aus dem Gipfelkrater des Mauna Loa auch Aschenausbrüche geben kann, beweist die sichere Nachricht, welche der Missionar Dibble aus dem Munde der Augenzeugen geschöpft hat und nach welcher während des Krieges Kamehamehas gegen die Aufrührer im Jahre 1789 ein mit Erdbeben begleiteter Ausbruch heißer Asche eine nächtliche Finsternis über die Umgegend verbreitete. Ueber die vulkanischen Glasfäden (Haar der Göttin Pele, die vor ihrer Uebersiedelung nach Hawai den jetzt erloschenen Vulkan Hale-a-Kala, das Sonnenhaus, der Insel Maui bewohnte), s. Dana. Geol. p. 179.

[169] (S. 303.) Dana p. 205: The term *Solfatara* is wholly mis-applied. A Solfatara is an area with steaming fissures and escaping sulphur vapours, and without proper lava ejections; while *Kilauea* is a vast crater with extensive lava ejections and no sulphur, except that of the sulphur banks, beyond what necessarily accompanies, as at Vesuvius, violent volcanic action." Das Gerüste von Kilauea, die Masse des großen Lavabeckens, besteht auch keinesweges aus Schichten von Asche oder

fragmentarischem Gestein, sondern aus horizontalen Lavaschichten, gelagert wie Kalkstein.

[170] (S. 303.) Dieses merkwürdige Sinken des Lavaspiegels bestätigen die Erfahrungen so vieler Reisenden: von Ellis, Stewart und Douglas bis zu dem verdienstvollen Grafen Strzelecki, der Expedition von Wilkes und dem so aufmerksam beobachtenden Missionar Coan. Bei dem großen Ausbruch im Juni 1840 ist der Zusammenhang der Anschwellung der Lava im Kilauea mit der plötzlichen Entzündung des so viel tiefer gelegenen Kraters Arare am entscheidendsten gewesen. Das Verschwinden des aus Arare ergossenen Lavastromes, sein abermals unterirdischer Lauf und endliches Wiedererscheinen in größerer Mächtigkeit läßt nicht gleich sicher auf Identität schließen, da sich gleichzeitig am ganzen Abhange des Berges unterhalb des Horizonts des Bodens vom Kilaueabecken viele lavagebende Längenspalten geöffnet haben. Sehr bemerkenswert ist es auch für die innere Konstitution dieses sonderbaren Vulkans von Hawai, daß im Juni 1832 beide Krater, der des Gipfels und der von Kilauea, Lavaströme ergossen und veranlaßten, also gleichzeitig thätig waren.

[171] (S. 304.) Wegen der ewigen Verwechselung von r und l wird für Mauna Loa oft M. Roa und für Kilauea: Kirauea geschrieben.

[172] (S. 306.) Dieffenbach nennt White Island: a *smoking* solfatara, but still in *volcanic* activity, auf der Karte: in continual ignition.

[173] (S. 306.) Seit Ferdinand von Hochstetters Durchforschung Neuseelands sind wir über die Orographie der Inselgruppe genauer unterrichtet. Es messen der Ruapahu 2988 m, der Tongariro 2111 m, der Putawaki oder Edgcumbe aber, weit entfernt der höchste Berg der Insel zu sein, bloß 837 m. Dagegen erhebt sich im Osten der Mt. Egmont zu 2521 m Seehöhe. Der höchste Punkt auf der Südinsel ist der von mächtigen Gletschermassen umlagerte Mt. Cook mit 4023 m. [D. Herausg.]

[174] (S. 307.) Auf den hier genannten drei Inseln finden sich indes neben plutonischen und Sedimentschichten auch Phonolithe und basaltisches Gestein; aber diese Gebirgsarten können schon bei der ersten vulkanischen Erhebung der Inseln aus dem Meeresboden über den Meeresspiegel erschienen sein. Von Feuerausbrüchen in historischen Zeiten oder von ausgebrannten Kratern soll keine Spur gefunden werden.

[175] (S. 309.) Wenn Darwin so bestimmt sagt, daß aller Trachyt auf den Galapagos fehle, so ist es doch wohl nur, weil er die Benennung Trachyt auf den eigentlichen gemeinen Feldspat, d. i. den Orthoklas, oder auf den Orthoklas und Sanidin (glasigen Feldspat) einschränkt. Die rätselhaften eingebackenen Stücke in der Lava des kleinen, ganz basaltischen Kraters von James Island enthalten keinen Quarz, wenn sie gleich auf einem plutonischen

Gebirge zu ruhen scheinen. Mehrere der vulkanischen Kegelberge auf den Galapagosinseln haben, an der Mündung, ganz wie ich am Cotopaxi gesehen, einen schmalen cylindrischen, ringförmigen Aufsatz. „In some parts the ridge is surmounted by a wall or parapet perpendicular on both sides.“ Darwin, Volc. Isl. p. 83.

[176] (S. 311.) S. Pieschel über die Vulkane von Mexiko in der Zeitschrift für Allg. Erdkunde Bd. VI, 1856, S. 86 und 489 bis 532. Die Behauptung, „daß nie ein Sterblicher die steile Spitze des Pico del Fraile", d. h. den höchsten Gipfel des Vulkans von Toluca, „erstiegen habe", ist durch meine auf diesem, freilich kaum 10 Fuß (3 m) breiten Gipfel am 29. September 1803 gemachte und schon 1807 publizierte Barometermessung, und neuerlichst durch Dr. Gumprecht in demselben Bande der obigen Zeitschrift widerlegt worden. Der erregte Zweifel war um so sonderbarer, da ich gerade von dieser, allerdings nicht ohne Anstrengung zu erreichenden, turmförmigen Spitze des Pico del Fraile, in einer Höhe, welche kaum 600 Fuß (200 m) geringer als die des Montblanc ist, die Trachytmassen abgeschlagen habe, die vom Blitz durchlöchert und im Inneren wie Blitzröhren verglast sind. Ueber die von mir sowohl in der Berliner als in mehreren Pariser Sammlungen niedergelegten Stücke gab Gilbert schon 1819 einen Aufsatz im LXI. Bande seiner Annalen der Physik S. 261. Wo der Blitz förmliche cylindrische Röhren zu 3 Zoll (8 cm) Länge so durchgeschlagen hat, daß man die obere und untere Oeffnung erkennen kann, ist ebenfalls das die Oeffnungen umgebende Gestein verglast. Ich habe auch Trachytstücke in meinen Sammlungen mitgebracht, an denen, wie am Kleinen Ararat oder am Montblanc, ohne röhrenförmige Durchbohrung die ganze Oberfläche verglast ist. — Herr Pieschel hat den zweigipfligen Vulkan von Colima im Oktober 1852 zuerst erstiegen und ist bis zum Krater gelangt, aus dem er damals nur heiße Schwefelwasserstoffdämpfe wolkenartig aufsteigen sah. Aber Sonneschmid, der im Februar 1796 die Ersteigung des Colima vergeblich versuchte, gibt Nachricht von einem mächtigen Aschenauswurf im Jahre 1770. Im Monat März 1795 wurden dagegen bei Nacht glühende Schlacken scheinbar in einer Feuersäule ausgestoßen. — „Im Nordwesten vom Vulkan von Colima zieht sich längs der Südseeküste eine vulkanische Zweigspalte hin. Ausgebrannte Krater und alte Lavaströme erkennt man in den sogenannten Vulkanen von Ahuacatlan (auf dem Wege von Guadalaxara nach San Blas) und von Tepic."

[177] (S. 312.) Der von dem gelehrten und mir befreundeten Geographen, Kontreadmiral de Fleurieu, dem Verfasser der Introduction historique au Voyage de Marchand, eingeführte Name Grand Océan zur Bezeichnung des Beckens der Südsee vertauscht das Ganze mit einem Teile und verleitet daher zur Verwechselung.

[178] (S. 314.) Durch Juan de Oñate 1594. Ueber den Einfluß der Bodengestaltung (der wunderbaren Größe des Tafellandes) auf den inneren Handel und Verkehr der Tropenzone mit dem Norden, wenn einst auch hier einmal bürgerliche Ordnung, gesetzliche Freiheit und Industrie erwachsen, vergl. Essai pol. T. IV, p. 38.

[179] (S. 314.) In dieser Uebersicht der Höhen des Bodens zwischen Mexiko und Santa Fé del Nuevo Mexico, wie in der ähnlichen, aber unvollständigeren, welche ich in den Ansichten der Natur Bd. I. S. 349 gegeben, bedeuten die den Zahlen beigefügten Buchstaben Ws, Bt und Ht die Namen der Beobachter: nämlich Ws den Dr. Wislizenus, Verfasser des sehr lehrreichen, wissenschaftlichen memoir of a tour to Northern Mexico, connected with Col. Doniphan's Expedition, in 1846 and 1847 (Washington 1848); Bt den Oberbergrat Burkart und Ht meine eigenen Messungen. Als ich vom März 1803 bis zum Februar 1804 mit astronomischen Ortsbestimmungen in dem tropischen Teile von Neuspanien beschäftigt war und nach allen Materialien, die ich auffinden und diskutieren konnte, eine Generalkarte von Neuspanien zu entwerfen wagte, von der mein hochverehrter Freund, Thomas Jefferson, der damalige Präsident der Vereinigten Staaten, während meines Aufenthaltes in Washington eine, später oft gemißbrauchte Kopie anfertigen ließ, gab es im Inneren des Landes auf dem Wege nach Santa Fé noch keine Breitenbestimmung nördlich von Durango (lat. 24° 25′). Nach den zwei von mir in den Archiven in Mexiko aufgefundenen handschriftlichen Reisejournalen der Ingenieure Rivera Lafora und Mascaró aus den Jahren 1724 und 1765, welche Kompaßrichtungen und geschätzte partielle Distanzen enthielten, ergab eine sorgfältige Berechnung für die wichtige Station Santa Fé nach Don Pedro de Rivera lat. 36° 12′ und long. 108° 13′. Ich habe vorsichtig in der Analyse meiner Karte dieses Resultat als ein sehr ungewisses bekannt gemacht, da in den Schätzungen der Distanzen wie in der Kompaßrichtung ohne Korrektion der magnetischen Abweichung und bei dem Mangel an Objekten in baumlosen Ebenen ohne menschliche Wohnungen auf eine Erstreckung von mehr als 300 geogr. Meilen sich nicht alle Fehler kompensieren. Durch Zufall ist das eben gegebene Resultat, mit dem der neuesten astronomischen Beobachtungen verglichen, in der Breite weit fehlerhafter als in der Länge ausgefallen: in der ersteren um 31, in der zweiten kaum um 23 Bogenminuten. Ebenso ist es mir durch Kombinationen geglückt, annähernd richtig zu bestimmen die geographische Lage des Sees Timpanogos, welchen man jetzt gewöhnlich den Great Salt Lake nennt, indem man nur noch den Fluß, welcher in den kleinen Utahsee, einen Süßwassersee, fällt, als Timpanogos River bezeichnet. In der Sprache der anwohnenden Utahindianer heißt Fluß og wahbe, durch Verkürzung auch ogo allein, timpan heißt Fels, also bedeutet Timpan-ogo Felsfluß. Buschmann erklärt das Wort timpa für entstanden aus dem

mexikanischen tetl Stein, indem er in pa eine einheimische Substantivendung nordmexikanischer Sprachen aufgedeckt hat; ogo gibt er die allgemeine Bedeutung von Wasser. Der Mormonen Great Salt Lake City liegt lat. 40° 46′, long. 114° 26′. Meine Karte gibt Montagnes de Sel gemme etwas östlich von der Laguna de Timpanogos: lat. 40° 7′. long. 114° 9′; also weicht meine erste Vermutung ab in der Breite 39, in der Länge 17 Minuten. — Die neuesten mir bekannt gewordenen Ortsbestimmungen von Santa Fé, der Hauptstadt Neumexikos, sind a) nach vielen Sternhöhen bestimmt von Lieut. Emory (1846), lat. 35° 44′ 6″; b) nach Gregg und Dr. Wislizenus (1848), vielleicht in einer anderen Lokalität, 35° 41′ 6″. Die Länge ist für Emory 7 h 4′ 18″ in Zeit von Greenwich, also im Bogen 108° 50′ von Paris; für Wislizenus 108° 22′. Der Fehler der meisten Karten ist, in der Gegend von Santa Fé die Orte in der Breite zu nördlich zu setzen. Die Höhe der Stadt Sante Fé über dem Meere ist nach Emory 6422 (2085 m), nach Wislizenus volle 6611 Par. Fuß (2147 m) (Mittel 6516 Fuß = 2116 m), also gleich den Splügen- und Gotthardspässen der Schweizer Alpen.

[180] (S. 314.) Die Breite von Albuquerque ist genommen aus der schönen Spezialkarte: Map of the Territory of New Mexico by Kern 1851. Die Höhe ist nach Emory 4457 Fuß, nach Wislizenus aber 4559 Fuß.

[181] (S. 316.) Ueber diese Bifurkation und die richtige Benennung der östlichen und westlichen Kette vergl. die große Spezialkarte des Territory of New Mexico von Parke und Kern 1851, Edwin Johnsons Map of Railroads 1854, John Bartletts Map of the Boundary Commission 1854, Explorations and Surveys from the Mississippi to the Pacific in 1853 and 1854, Vol. I, p. 15: und vor allem die vielumfassende, vortreffliche Arbeit von Jules Marcou, Geologist of the southern Pacific R. R. Survey under the Command of Lieut. Whipple: als résumé explicatif d'une Carte géologique des États Unis et d'un Profil géologique allant de la vallée du Mississippi aux côtes de l'Océan Pacifique, p. 113—116; auch im Bulletin de la Société géologique de France, 2e Série T. XII, p. 813. In dem von der Sierra Madre oder den Rocky Mountains eingeschlossenen Längenthale lat. 35°—38½ haben die einzelnen Gruppen, aus welchen die westliche Kette der Sierra Madre und die östliche Kette der Rocky Mountains (Sierra de Sandia) bestehen, besondere Namen. Zu der ersteren Kette gehören von Süden nach Norden: die Sierra de las Grullas, die S. de los Mimbres (Wislizenus p. 22 und 54), Mount Taylor (lat. 35° 15′), Sierra de Jemez und S. de San Juan; in der östlichen Kette unterscheidet man die Moro Piks, Sierra de la Sangre de Christo mit den östlichen Spanish Peaks (lat. 37° 32′) und die sich nordwestlich wendenden, das Längenthal von Taos und Santa Fé schließenden White Mountains.

Professor Julius Fröbel, dessen Untersuchung der Vulkane von Centralamerika ich schon oben erwähnt habe, hat mit vielem Scharfsinn die Unbestimmtheit der geographischen Benennung Sierra Madre auf den älteren Karten entwickelt, aber zugleich in einer Abhandlung: Remarks contributing to the physical Geography of the North American Continent die Behauptung aufgestellt, der ich nach Diskussion so vieler jetzt vorhandener Materialien keineswegs beipflichten kann: daß die Rocky Mountains gar nicht als eine Fortsetzung des mexikanischen Hochgebirges in der Tropenzone von Anahuac zu betrachten seien. Ununterbrochene Gebirgsketten: wie in den Apenninen, dem Schweizer Jura, in den Pyrenäen und einem großen Teile unserer Alpenkette, gibt es allerdings vom 19. bis zum 44. Breitengrade, vom Popocatepetl in Anahuac bis nördlich von Frémont's Peak in den Rocky Mountains, in der Richtung von Süd-Süd-Ost gen Nord-Nord-West nicht; aber die ungeheure, gegen Nord und Nordwest in der Breite immer mehr zunehmende Anschwellung des Bodens ist vom tropischen Mexiko bis Oregon kontinuierlich; und auf dieser Anschwellung (Hochebene), welche das geognostische Hauptphänomen ist, erheben sich auf spät und zu sehr ungleicher Zeit entstandenen Spalten in oft abweichender Richtung einzelne Gebirgsgruppen. Diese aufgesetzten Berggruppen in den Rocky Mountains aber zu der Ausdehnung von 8 Breitegraden fast wallartig zusammenhängend und durch meist trachytische, 10—12000 Fuß (3250—3900 m) hohe Kegelberge weit sichtbar gemacht, lassen um so mehr einen tiefen sinnlichen Eindruck, als dem Auge des Reisenden das umgebende hohe Plateau sich täuschend wie eine Ebene des Flachlandes darstellt. Wenn in den Kordilleren von Südamerika, von denen ich einen beträchtlichen Teil aus eigener Anschauung kenne, seit La Condamines Zeiten von Zwei- und Dreireihung die Rede ist (der spanische Ausdruck las Cordilleras de los Andes bezieht sich ja auf solche Reihung und Teilung der Kette), so darf man nicht vergessen, daß auch hier die Richtungen der einzelnen gereihten Berggruppen, als lange Rücken oder gereihte Dome, keineswegs untereinander oder der Richtung der ganzen Anschwellung parallel sind.

[182] (S. 316.) Frémont, Expl. Exped. p. 281—288. Pike's Peak lat. 38° 59′, abgebildet p. 114; Long's Peak 40° 15′; Ersteigung von Frémont's Peak (13570 feet = 4036 m) p. 70. Die Wind River Mountains haben ihren Namen von den Quellen eines Zuflusses des Big Horn River, dessen Wasser sich mit denen des Yellow Stone River vereinigen, welcher selbst in den Ober Missouri (Br. 47° 58′, Lg. 105° 27′) fällt. Ich habe überall die englischen Benennungen der nordamerikanischen Geographen beibehalten, weil deren Uebersetzung in eine rein deutsche Nomenklatur oft eine reiche Quelle der Verwirrung geworden ist. Um in Richtung und Länge die nach meines Freundes und Reisebegleiters, des Obristen Ernst Hofmann, mühevollen Erforschungen am Nord-

ende östlich gekrümmte und vom truchmenischen Berge Airuck-Tagh (48¾°) bis zum Sabljagebirge (65°) volle 255 geogr. Meilen (1894 km) lange Meridiankette des Ural mit den Rocky Mountains vergleichen zu können, erinnere ich hier daran, daß die letztere Kette zwischen den Parallelen von Pike's Peak und Lewis und Clarkes-Paß von 107½° in 114½° Länge übergeht. Der Ural, welcher in dem eben genannten Abstande von 17 Breitengraden wenig von dem Pariser Meridian von 56° 40′ abweicht, verändert ebenfalls seine Richtung unter dem Parallel von 65° und erlangt unter lat. 67½° den Meridian von 63¾°.

183 (S. 318.) Der Ratonpaß hat nach der Wegkarte von 1855, welche zu dem allgemeinen Berichte des Staatssekretärs Jefferson Davis gehört, noch eine Höhe von 6737 Fuß (2188 m) über dem Meere.

184 (S. 318.) Es sind zu unterscheiden von Osten nach Westen der Gebirgsrücken von Zuñi, wo der Paso de Zuni noch 7454 Fuß (2421 m) erreicht; Zuñi viejo: das alte zerstörte Pueblo, von Möllhausen auf Whipples Expedition abgebildet; und das jetzt bewohnte Pueblo de Zuñi. Zehn geographische Meilen (75 km) nördlich von letzterem, bei dem Fort Defiance, ist auch noch ein sehr kleines, isoliertes, vulkanisches Gebiet. Zwischen dem Dorfe Zuñi und dem Abfall nach dem Rio Colorado chiquito (little Colorado) liegt unbedeckt der versteinerte Wald, welchen Möllhausen 1853 vortrefflich abgebildet und in einer an die geographische Gesellschaft zu Berlin eingesandten Abhandlung beschrieben hat. Unter die verkieselten Koniferen sind nach Marcou fossile baumartige Farne gemengt.

185 (S. 319.) Die französischen Benennungen, von kanadischen Pelzjägern eingeführt, sind im Lande und auf englischen Karten allgemein gebräuchlich. Die relative Ortslage der ausgebrannten Vulkane ist nach den neuesten Bestimmungen folgende: Frémont's Peak Br. 43° 5′, Lg. 112° 30′; Trois Tetons Br. 43° 38′, Länge 113° 10′; Three Buttes Br. 43° 20′, Lg. 115° 2′; Fort Hall Br. 43° 0′, Lg. 114° 45′.

186 (S. 320.) Neuere Messungen lassen die im Text angegebene Ziffer als zu hoch gegriffen erscheinen. [D. Herausg.]

187 (S. 320.) Dana (p. 615 und 640) schätzte den Vulkan St. Helens 15000 Par. Fuß und Mount Hood also unter dieser Höhe; dagegen soll nach anderen Mt. Hood die große Höhe von 18316 feet = 17176 Pariser Fuß, also 2270 Pariser Fuß mehr als der Gipfel des Montblanc und 4438 Fuß mehr als Frémont's Peak in den Rocky Mountains, erreichen. Mt. Hood wäre nach dieser Angabe (Landgrebe, Naturgeschichte der Vulkane Bd. I, S. 497) nur 536 Fuß niedriger als der Vulkan Cotopaxi; dagegen überträfe nach Dana Mt. Hood den höchsten Gipfel des Felsgebirges höchstens um 2300 Fuß. Ich mache immer gern aufmerksam auf solche variantes lectiones.

188 (S. 321.) Mt. Baker mißt 3380 m. Die Höhen der übrigen Hauptspitzen des Kaskadegebirges sind, abweichend von den Angaben im Texte, Mt. Pitt 2730, Three Sisters 3350. Mt. Jefferson 3100, Mt. Hood 3600, Mt. Helens 2960, Mt. Adams 2900 und Mt. Rainier, der höchste von allen, der immer mehr mit seinem indianischen Namen Tacoma bezeichnet wird, 4392 m. [D. Herausg.]

189 (S. 322.) Nach einem Manuskripte, das ich im Jahre 1803 in den Archiven von Mexiko habe benutzen dürfen, ist in der Expedition von Juan Perez und Estevan José Martinez im Jahre 1774 die ganze Küste von Nutka bis zu dem später so genannten Cook's Inlet besucht worden.

190 (S. 325.) In den Antillischen Inseln ist die vulkanische Thätigkeit auf die sogenannten Kleinen Antillen eingeschränkt, da drei oder vier noch thätige Vulkane auf einer etwas bogenförmigen Spalte von Süden nach Norden, den Vulkanspalten Centralamerikas ziemlich parallel, ausgebrochen sind. Ich habe schon bei einer anderen Gelegenheit, bei den Betrachtungen, welche die Gleichzeitigkeit der Erdbeben in den Flußthälern des Ohio, Mississippi und Arkansas mit denen des Orinoko und des Litorales von Venezuela anregt, das kleine Meer der Antillen in seinem Zusammenhang mit dem Golf von Mexiko und der großen Ebene der Luisiana zwischen den Alleghanys und Rocky Mountains, nach geognostischen Ansichten, als ein einiges altes Becken geschildert. Dieses Becken wird in seiner Mitte, zwischen 18° und 22° Breite, durch eine plutonische Gebirgsreihe vom Kap Catoche der Halbinsel Yukatan an bis Tortola und Virgen gorda durchschnitten. Cuba, Haiti und Portorico bilden eine west-östliche Reihe, welche der Granit- und Gneiskette von Caracas parallel läuft; dagegen verbinden die, meist vulkanischen, Kleinen Antillen die eben bezeichnete plutonische Kette (die der Großen Antillen) und die des Litorales von Venezuela miteinander; sie schließen den südlichen Teil des Beckens in Osten. Die jetzt noch thätigen Vulkane der Kleinen Antillen liegen zwischen den Parallelen von 13° bis 16½°. Es folgen von Süden nach Norden:

Der Vulkan der Insel St. Vincent: bald zu 3000 (974 m), bald zu 4740 Fuß (1540 m) Höhe angegeben. Seit dem Ausbruch von 1718 herrschte Ruhe, bis ein ungeheurer Lavaausbruch am 27. April 1812 erfolgte. Die ersten Erschütterungen, dem Krater nahe, fingen bereits im Mai 1811 an: drei Monate nachdem die Insel Sabrina in den Azoren aus dem Meere aufgestiegen war. In dem Bergthal von Caracas, 3280 Fuß (1066 m) über dem Meeresspiegel, begannen sie schwach schon im Dezember desselben Jahres. Die völlige Zerstörung der großen Stadt war am 26. März 1812. So wie mit Recht das Erdbeben, welches am 14. Dez. 1796 Cumana zerstörte, der Eruption des Vulkans von Guadeloupe (Ende Septembers 1796) zugeschrieben wurde, so scheint der Untergang von Caracas eine Wirkung der Reaktion eines südlicheren Vulkans

der Antillen, des von St. Vincent, gewesen zu sein. Das furchtbare, dem Kanonendonner gleiche, unterirdische Getöse, welches eine heftige Eruption des zuletzt genannten Vulkans am 30. April 1812 erregte, wurde in den weiten Grasebenen (Llanos) von Calabozo und an den Ufern des Rio Apure, 48 geogr. Meilen (355 km) westlicher als seine Vereinigung mit dem Orinoko, vernommen. Der Vulkan von St. Vincent hatte keine Lava gegeben seit 1718; am 30. April entfloß ein Lavastrom dem Gipfelkrater und gelangte nach 4 Stunden bis an das Meeresufer. Sehr auffallend ist es gewesen und mir von sehr verständigen Küstenfahrern bestätigt worden, daß das Getöse auf offnem Meere fern von der Insel weit stärker war als nahe am Litorale.

Der Vulkan der Insel S. Lucia, gewöhnlich nur eine Solfatare genannt, ist kaum 12—1800 Fuß (390—584 m) hoch. Im Krater liegen viele kleine, periodisch mit siedendem Wasser gefüllte Becken. Im Jahr 1766 soll ein Auswurf von Schlacken und Asche beobachtet worden sein, was freilich bei einer Solfatare ein ungewöhnliches Phänomen ist; denn wenn auch (nach den gründlichen Untersuchungen von James Forbes und Poulett Scrope) an einer Eruption der Solfatare von Pozzuoli im Jahr 1198 wohl nicht zu zweifeln ist, so könnte man doch geneigt sein, dies Ereignis als eine Seitenwirkung des nahe gelegenen Hauptvulkans, des Vesuvs, zu betrachten. Lancerote, Hawai und die Sundainseln bieten uns analoge Beispiele von Ausbrüchen dar, welche von den Gipfelkratern, dem eigentlichen Sitze der Thätigkeit, überaus fern liegen. Freilich hat sich bei großen Vesuveruptionen in den Jahren 1794, 1822, 1850 und 1855 die Solfatara von Pozzuoli nicht geregt, wenn gleich Strabo lange vor dem Ausbruch des Vesuvs, in dem Brandfelde von Dikäarchia bei Kymäa und Phlegra auch von Feuer, freilich unbestimmt, spricht. (Dikäarchia erhielt zu Hannibals Zeit von den Römern, die es da kolonisierten, den Namen Puteoli. „Einige meinen,“ setzt Strabo hinzu, „daß wegen des üblen Geruches des Wassers die ganze dortige Gegend bis Bajä und Kymäa so genannt sei, weil sie voll Schwefels, Feuers und warmer Wasser ist. Einige glauben, daß deshalb Kymäa, Cumanus ager, auch Phlegra genannt werde ....“; und danach erwähnt Strabo noch dort „Ergüsse von Feuer und Wasser, προχοὰς τοῦ πυρὸς καί τοῦ ὕδατος“.)

Die neue vulkanische Thätigkeit der Insel Martinique in der Montagne Pelée (nach Dupuget 4416 Fuß = 1434 m hoch), dem Vauclin und den Pitons du Carbet ist noch zweifelhafter. Der große Dampfausbruch vom 22. Januar 1792, welchen Chisholm beschreibt, und der Aschenregen vom 5. August 1851 verdienen nähere Prüfung.

Die Soufrière de la Guadeloupe, nach den älteren Messungen von Amic und le Boucher 5100 und 4794 Fuß, aber nach den neuesten und sehr genauen von Charles Saint-Claire

Deville nur 4567 Fuß (1483 m) hoch, hat sich am 28. Sept. 1797 (also 78 Tage vor dem großen Erdbeben und der Zerstörung der Stadt Cumana) als ein Bimsstein auswerfender Vulkan erwiesen. Der untere Teil des Berges ist dioritisches Gestein, der vulkanische Kegelberg, dessen Gipfel geöffnet ist, labradorhaltiger Trachyt. Lava scheint dem Berge, welchen man wegen seines gewöhnlichen Zustandes die Soufrière nennt, nie in Strömen entflossen zu sein, weder aus dem Gipfelkrater noch aus Seitenspalten; aber die von dem vortrefflichen, so früh dahingeschiedenen Dufrénoy mit der ihm eigenen Genauigkeit untersuchten Aschen der Eruptionen vom September 1797, Dezember 1836 und Februar 1837 erwiesen sich als fein zermalmte Lavenfragmente, in denen feldspatartige Mineralien (Labrador, Rhyakolith und Sanidin) neben Pyroxen zu erkennen waren. Auch kleine Fragmente von Quarz hat neben den Labradorkristallen Deville in den Trachyten der Soufrière erkannt, wie Gustav Rose sogar Hexagon-Dodekaeder von Quarz auch in den Trachyten des Vulkans von Arequipa fand.

Die hier geschilderten Erscheinungen, ein temporäres Ausstoßen sehr verschiedenartiger mineralischer Gebilde aus den Spaltenöffnungen einer Soufrière, erinnern recht lebhaft daran, daß, was man Solfatare, Soufrière oder Fumarole zu nennen pflegt, eigentlich nur gewisse Zustände vulkanischer Thätigkeit bezeichnet. Vulkane, die einst Laven ergossen oder, wenn diese gefehlt, unzusammenhängende Schlacken von beträchtlichem Volum, ja endlich dieselben Schlacken, aber durch Reibung gepulvert, ausgestoßen haben, kommen bei verminderter Thätigkeit in ein Stadium, in dem sie nur Schwefelsublimate, schweflige Säure und Wasserdampf liefern. Wenn man sie als solche Halbvulkane nennt, so wird man leicht Veranlassung zu der Meinung geben, sie seien eine eigene Klasse von Vulkanen. Bunsen, dem mit Boussingault, Senarmont, Charles Deville und Daubrée, durch scharfsinnige und glückliche Anwendung der Chemie auf Geologie und besonders auf die vulkanischen Prozesse, unsere Wissenschaft so herrliche Fortschritte verdankt, zeigt, „wie da, wo in Schwefelsublimationen, welche fast alle vulkanischen Eruptionen begleiten, die Schwefelmassen in Dampfgestalt den glühenden Pyroxengesteinen begegnen, die schweflige Säure ihren Ursprung nimmt durch partielle Zersetzung des in jenen Gesteinen enthaltenen Eisenoxydes. Sinkt darauf die vulkanische Thätigkeit zu niederen Temperaturen herab, so tritt die chemische Thätigkeit dieser Zone in eine neue Phase. Die daselbst erzeugten Schwefelverbindungen des Eisens und vielleicht der Erd- und Alkalimetalle beginnen ihre Wirkung auf den Wasserdampf; und als Resultat der Wechselwirkung entstehen Schwefelwasserstoff und dessen Zersetzungsprodukte: freier Wasserstoff und Schwefeldampf.“ — Die Schwefelfumarolen überdauern die großen vulkanischen Ausbrüche jahrhundertelang. Die Salzsäurenfumarolen gehören einer anderen und späteren Periode an. Sie können nun selten den Charakter

permanenter Erscheinungen annehmen. Der Ursprung der Salzsäure in den Kratergasen ergibt sich daraus, daß das Kochsalz, welches so oft als Sublimationsprodukt bei Vulkanen, besonders am Vesuv, auftritt, bei höheren Temperaturen unter Mitwirkung von Wasserdampf durch Silikate in Salzsäure und Natron zerlegt wird, welches letztere sich mit den vorhandenen Silikaten verbindet. Salzsäurenfumarolen, die bei italienischen Vulkanen nicht selten in dem großartigsten Maßstabe, und dann gewöhnlich von mächtigen Kochsalzsublimationen begleitet zu sein pflegen, erscheinen für Island von sehr geringer Bedeutung. Als die Endglieder in der chronologischen Reihenfolge aller dieser Erscheinungen treten zuletzt nur die Emanationen der Kohlensäure auf. Der Wasserstoffgehalt ist bisher in den vulkanischen Gasen fast gänzlich übersehen worden. Er ist vorhanden in der Schwefelquelle der großen Solfatare von Krisuvik und Reykjalidh auf Island, und zwar an beiden Orten mit Schwefelwasserstoff verbunden. Da sich der letztere in Kontakt mit schwefliger Säure gegenseitig mit dieser unter Abscheidung von Schwefel zersetzt, so können beide niemals zugleich auftreten. Sie finden sich aber nicht selten auf einem und demselben Fumarolenfelde dicht nebeneinander. War das Schwefelwasserstoffgas in den eben genannten isländischen Solfataren so unverkennbar, so fehlte es dagegen gänzlich in dem Solfatarenzustand, in welchem sich der Krater des Hekla kurz nach der Eruption vom Jahre 1845 befand: also in der ersten Phase der vulkanischen Nachwirkungen. Es ließ sich daselbst weder durch den Geruch noch durch Reagentien die geringste Spur von Schwefelwasserstoff nachweisen, während die reichliche Schwefelsublimation die Gegenwart der schwefligen Säure schon in weiter Entfernung durch den Geruch unzweifelhaft zu erkennen gab. Zwar zeigten sich über den Fumarolen bei Annäherung einer brennenden Cigarre jene dicken Rauchwolken, welche Melloni und Piria als ein Kennzeichen der geringsten Spuren von Schwefelwasserstoff nachgewiesen haben. Da man sich aber leicht durch Versuche überzeugen kann, daß auch Schwefel für sich, wenn er mit Wasserdämpfen sublimiert wird, dasselbe Phänomen hervorbringt, so bleibt es zweifelhaft, ob auch nur eine Spur von Schwefelwasserstoff die Krateremanationen am Hekla 1845 und am Vesuv 1843 begleitet habe. Daß die Emanationen der Solfatare von Pozzuoli nicht Schwefelwasserstoff seien und daß sich nicht aus diesem durch Kontakt mit der Atmosphäre ein Schwefel absetze, wie Breislak behauptet hatte, bemerkte schon Gay-Lussac, als zur Zeit des großen Lavaausbruchs im Jahr 1805 ich mit ihm die Phlegräischen Felder besuchte. Sehr bestimmt leugnet auch der scharfsinnige Arcangelo Scacchi die Existenz des Schwefelwasserstoffs, weil ihm Pirias Prüfungsmittel nur die Anwesenheit des Wasserdampfs zu erweisen schienen: „Son di avviso che lo solfo emane mescolato a i vapori acquei senza essere in chimica combinazione con altre sostanze.“ Eine wirkliche

und von mir so lange erwartete Analyse der Gasarten, welche die Solfatare von Pozzuoli ausstößt, ist erst ganz neuerlich von Charles Saint-Claire Deville und Leblanc geliefert worden, und hat die Abwesenheit des Schwefelwasserstoffs vollkommen bestätigt. Dagegen bemerkte Sartorius von Waltershausen an Eruptionskegeln des Aetna 1811 den starken Geruch von Schwefelwasserstoff, wo man in anderen Jahren nur schweflige Säure verspürte. Charles Deville hat auch nicht bei Girgenti und in den Macalube, sondern an dem östlichen Abhange des Aetna, in der Quelle von Santa Venerina, einen kleinen Anteil von Schwefelwasserstoff gefunden. Auffallend ist es, daß in der wichtigen Reihe chemischer Analysen, welche Boussingault an Gas aushauchenden Vulkanen der Andeskette (von Puracé und Tolima bis zu den Hochebenen von los Pastos und Quito) gemacht hat, sowohl Salzsäure als hydrogène sulfureux fehlen.

[191] (S. 325.) Die älteren Arbeiten geben für noch entzündete Vulkane folgende Zahlen: bei Werner 193, bei Cäsar von Leonhard 187, bei Arago 175: Variationen in Vergleich mit meinem Resultate alle in minus oszillierend in der unteren Grenze in Unterschieden von $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{4,5}$, worauf Verschiedenheit der Grundsätze in der Beurteilung der noch bestehenden Entzündung und Mangelhaftigkeit des eingesammelten Materials gleichmäßig einwirken. Da, wie schon oben bemerkt ist und historische Erfahrungen lehren, nach sehr langen Perioden für ausgebrannt gehaltene Vulkane wieder thätig werden, so ist das Resultat, welches ich aufstelle, eher für zu niedrig als für zu hoch zu erachten. Leopold von Buch in dem Anhange zu seiner meisterhaften Beschreibung der Kanarischen Inseln und Landgrebe in seiner Geographie der Vulkane haben kein allgemeines Zahlenresultat zu geben gewagt. [Eine neuere Zählung von C. W. C. Fuchs ergibt 672 Vulkane, darunter 270 gegenwärtig noch thätige. D. Herausg.]

[192] (S. 326.) Diese Beschreibung ist also ganz im Gegensatz der oft wiederholten Abbildung des Vesuvs nach Strabo in Poggendorffs Annalen der Physik Bd. XXXVII, S. 190, Tafel 1. Erst ein sehr später Schriftsteller, Dio Cassius, unter Septimius Severus, spricht nicht (wie oft behauptet worden ist) von Entstehung mehrerer Gipfel, sondern bemüht sich zu erweisen, wie in dem Lauf der Zeiten die Gipfelform sich umgeändert hat. Er erinnert daran (also ganz zur Bestätigung des Strabo), daß der Berg ehemals einen überall ebenen Gipfel hatte. Seine Worte lauten also: „Denn der Vesuv ist am Meere bei Neapel gelegen und hat reichliche Feuerquellen. Der ganze Berg war ehemals gleich hoch, und aus seiner Mitte erhob sich das Feuer: denn an dieser Stelle ist er allein in Brand. Das ganze Aeußere desselben ist aber noch bis auf unsere Zeiten feuerlos. Da nun das Aeußere stets ohne Brand ist, das Mittlere aber ausgetrocknet (erhitzt) und

in Asche verwandelt wird, so haben die Spitzen umher bis jetzt die alte Höhe. Der ganze feurige Teil aber, durch die Länge der Zeit aufgezehrt, ist durch Senkung hohl geworden, so daß der ganze Berg (um Kleines mit Großem zu vergleichen) einem Amphitheater ähnlich ist." Dies ist eine deutliche Beschreibung derjenigen Bergmassen, welche seit dem Jahre 79 Kraterränder geworden sind. Die Deutung auf das Atrio del Cavallo scheint mir unrichtig. — Nach der großen, vortrefflichen, hypsometrischen Arbeit des so thätigen und ausgezeichneten Olmützer Astronomen Julius Schmidt vom Jahr 1855 hat die Punta Nasone der Somma 590 Toisen (1149 m), das Atrio del Cavallo am Fuß der Punta Nasone 417 Toisen (813 m), Punta oder Rocca del Palo (der höchste nördliche Kraterrand des Vesuvs) 624 Toisen (1216 m). Meine barometrischen Messungen von 1822 gaben für dieselben drei Punkte die Höhen 586, 403 und 629 Toisen (1134, 785 und 1226 m) (Unterschiede von 24, 84 und 30 Fuß, 7,8, 27,3 und 9,7 m). Der Boden des Atrio del Cavallo hat nach Julius Schmidt seit dem Ausbruche im Februar 1850 große Niveauveränderungen erlitten.

[193] (S. 326.) Vellejus Paterculus, der unter Tiberius starb, nennt allerdings den Vesuv als den Berg, welchen Spartacus mit seinen Gladiatoren besetzte, während bei Plutarch in der Biographie des Crassus bloß von einer felsigen Gegend die Rede ist, die einen einzigen schmalen Zugang hatte. Der Sklavenkrieg des Spartacus war im Jahr 681 der Stadt Rom, also 152 Jahre vor dem Plinianischen Ausbruch des Vesuvs (24. August 79 n. Chr.). Daß Florus, ein Schriftsteller, der unter Trajan lebte und also, den eben bezeichneten Ausbruch kennend, wußte, was der Berg in seinem Inneren verbirgt, denselben cavus nennt, kann, wie schon von anderen bemerkt worden ist, für die frühere Gestaltung nichts erweisen. (Florus lib. I, cap. 16: Vesuvius mons, Aetnaei ignis imitator; lib. III, cap. 20: fauces cavi montis.)

[194] (S. 327.) Vitruvius hat auf jeden Fall früher als der ältere Plinius geschrieben: nicht bloß weil er in dem von dem englischen Uebersetzer Newton mit Unrecht angegriffenen Plinianischen Quellenregister dreimal citiert ist, sondern weil eine Stelle im Buch XXXV, cap. 14, § 170—172, wie Sillig und Brunn bestimmt erwiesen haben, aus unserem Vitruvius von Plinius selbst exzerpiert worden ist. Hirt in seiner Schrift über das Pantheon setzt die Abfassung der Architektur des Vitruvius zwischen die Jahre 16 und 14 vor unserer Zeitrechnung.

[195] (S. 327.) Nach des geistreichen Beulé Ausführungen wäre Pompeji einfach vom Aschenregen verschüttet worden, während Ströme von Wasser, mit Asche und Schlamm vermengt, Herculanum überfluteten. [D. Herausg.]

[196] (S. 330.) Auf Timana reduziert, liegt der Volcan de

la Fragua ungefähr lat. bor. 1° 48′, long. 77° 50′. Dieser so östlich und isoliert liegende Berg verdient von einem Geognosten, der astronomische Ortsbestimmungen zu machen fähig ist, aufgesucht zu werden.

[197] (S. 330.) In den drei Gruppen, welche nach alter geographischer Nomenklatur zur Auvergne, zum Vivarais und zum Velay gehören, sind in den Angaben des Textes immer die Abstände des nördlichsten Teiles jeglicher Gruppe vom Mittelländischen Meere (zwischen dem Golfe d'Aigues mortes und Cette) genommen. In der ersten Gruppe, der des Puy de Dôme, wird als der nördlichste Punkt angegeben ein im Granit bei Manzat ausgebrochener Krater, le Gour de Tazena. Noch südlicher als die Gruppe des Cantal und also dem Litorale am nächsten, in einer Meerentfernung von kaum 18 geogr. Meilen, liegt der kleine vulkanische Bezirk von la Guiolle bei den Monts d'Aubrac, nordwestlich von Chirac.

[198] (S. 331.) Den Alpensee Issik-Kul am nördlichen Abhange des Tian-schan, zu dem erst vor kurzem russische Reisende gelangt sind, habe ich schon auf der berühmten katalanischen Karte von 1374 aufgefunden, welche unter den Manuskripten der Pariser Bibliothek als ein Kleinod bewahrt wird. Strahlenberg in seinem Werke, betitelt der nördliche und östliche Teil von Europa und Asien (Stockholm 1730, S. 327), hat das Verdienst, den Tian-schan als eine eigene unabhängige Kette zuerst abgebildet zu haben, ohne die vulkanische Thätigkeit in derselben zu kennen. Er gibt ihm den sehr unbestimmten Namen Mousart, der, weil der Bolor mit dem allgemeinen, nichts individualisierenden, nur Schnee andeutenden Namen Mustag belegt wurde, noch ein Jahrhundert lang zu einer irrigen Darstellung und albernen, sprachwidrigen Nomenklatur der Gebirgsreihen nördlich vom Himalaya Anlaß gegeben hat, Meridian- und Parallelketten miteinander verwechselnd. Mousart ist eine Verstümmelung des tatarischen Wortes Muztag: gleichbedeutend mit unserer Bezeichnung Schneekette, Sierra Nevada der Spanier; Himalaya in den Gesetzen des Manu: Wohnsitz (âlaya) des Schnees (hima); der Siue-schan der Chinesen. Schon 1100 Jahre vor Strahlenberg, unter der Dynastie der Sui, zu des Frankenkönigs Dagoberts Zeiten, besaßen die Chinesen, auf Befehl der Regierung konstruiert, Karten der Länder vom Gelben Flusse bis zum Kaspischen Meere, auf welchem der Kuen-lün und der Tian-schan abgebildet waren. Diese beiden Ketten, besonders die erstere, sind es unstreitig gewesen, die, wie ich an einem anderen Orte glaube erwiesen zu haben, als der Heerzug des Makedoniers die Hellenen in nähere Bekanntschaft mit dem Inneren von Asien setzte, die Kenntnis von einem Berggürtel unter ihren Geographen verbreiteten, welcher, den ganzen Kontinent in zwei Hälften teilend, sich von Kleinasien bis an das östliche Meer, von Indien und Skythien bis Thinä, erstreckte. Dikäarchus

und nach ihm Eratosthenes belegten diese Kette mit dem Namen des verlängerten Taurus. Die Himalayakette wird mit unter diese Benennung begriffen. „Was Indien gegen Norden begrenzt," sagt ausdrücklich Strabo, „von Ariane bis zum Oestlichen Meere, sind die äußersten Teile des Taurus, welche die Eingeborenen einzeln Paropamisos, Emodon, Imaon und noch anders benamen, der Makedonier aber Kaukasus." Früher, in der Beschreibung von Baktriana und Sogdiana, heißt es: „Des Taurus letzter Teil, welcher Imaon genannt wird, berührt das Indische (östliche?) Meer." Auf eine einig geglaubte, west-östliche, d. h. Parallelkette, bezogen sich die Namen: diesseits und jenseits des Taurus. Diese kannte Strabo, indem er sagt: „Die Hellenen nennen die gegen Norden neigende Hälfte des Weltteils Asia diesseits des Taurus, die gegen Süden jenseits." Zu den späteren Zeiten des Ptolemäus aber, wo der Handel überhaupt und insbesondere der Seidenhandel Lebhaftigkeit gewann, wurde die Benennung Imaus auf eine Meridiankette, auf den Bolor, übertragen, wie viele Stellen des 6. Buches bezeugen. Die Linie, in welcher dem Aequator parallel das Taurusgebirge nach hellenischen Ansichten den ganzen Weltteil durchschneidet, wurde zuerst von Dikäarchus, dem Schüler des Stagiriten, ein Diaphragma (eine Scheidewand) genannt, weil durch senkrechte Linien, auf dasselbe gerichtet, die geographische Breite anderer Punkte gemessen werden konnte. Das Diaphragma war der Parallel von Rhodus, verlängert gegen Westen bis zu den Säulen des Herkules, gegen Osten bis zum Litorale von Thinä. Der Teiler des Dikäarchus, gleich interessant in geognostischer als in orographischer Hinsicht, ging in das Werk des Eratosthenes über: wo er desselben im 3. Buch seiner Erdbeschreibung, zur Erläuterung seiner Tafel der bewohnten Welt erwähnt. Strabo legt solche Wichtigkeit auf diese Richtungs- und Scheidelinie des Eratosthenes, daß er „auf ihrer östlichen Verlängerung, welche bei Thinä durch das Atlantische Meer gezogen wird, die Lage einer anderen bewohnten Welt, wohl auch mehrerer Welten", für möglich hält, doch ohne eigentlich solche zu prophezeien. Das Wort Atlantisches Meer kann auffallend scheinen, statt östliches Meer, wie gewöhnlich die Südsee (das Stille Meer) genannt wird; aber da unser Indisches Meer südlich von Bengalen bei Strabo die Atlantische Südsee heißt, so werden im Südosten von Indien beide Meere als zusammenfließend gedacht und mehrmals verwechselt. So heißt es lib. II, p. 130: „Indien, das größte und gesegnetste Land, welches am östlichen Meer und der Atlantischen Südsee endet;" und lib. XV, p. 689: „die südliche und östliche Seite Indiens, welche viel größer als die andere Seite sind, laufen ins Atlantische Meer vor": in welcher Stelle, wie in der oben angeführten von Thinä, der Ausdruck Oestliches Meer sogar vermieden ist. Ununterbrochen seit dem Jahre 1792 mit dem Streichen und Fallen der Gebirgsschichten und ihrer Beziehung auf die

Richtung (Orientierung) der Gebirgszüge beschäftigt, habe ich geglaubt darauf aufmerksam machen zu müssen, daß im Mittel der Aequatorialabstand des Kuen-lün, in seiner ganzen Erstreckung wie in seiner westlichen Verlängerung durch den Hindu-Khu, auf das Becken des Mittelmeers und die Straße von Gibraltar hinweist; und daß die Senkung des Meeresbodens in einem großen, vorzüglich am nördlichen Rande vulkanischen Becken wohl mit jener Erhebung und Faltung zusammenhängen könne. Mein teurer, vieljähriger und aller geologischen Richtungsverhältnisse so tief kundiger Freund, Elie de Beaumont, ist aus Gründen des Lorodromismus diesen Ansichten entgegen.

[199] (S. 332.) Auch Freiherr Ferdinand von Richthofen verweist in seinem epochemachenden Werke über China die vulkanische Thätigkeit im Tian-schan in jene Zeiträume zurück, in denen das Hanhai der Chinesen, welches er als einstiges centralasiatisches Mittelmeer nachwies, Mittelasien überdeckte, mit dem Weltmeere im Osten zusammenhängend, und zwar noch in der zweiten Hälfte der Tertiärzeit. Der theoretische Gesichtspunkt, sagt er, von welchem aus man die Wahrscheinlichkeit der Humboldtschen Vermutung beanstandete, nämlich die große Entfernung des Tian-schan von den Meeren, fällt (durch den Nachweis des einstigen Hanhai) gänzlich fort. [D. Herausg.]

[200] (S. 333.) Statt der meernäheren Himalayakette (einige Teile derselben zwischen den Kolossen Kindschindschinga und Schamalari nähern sich dem Litorale des Bengalischen Meerbusens bis auf 107 und 94 geogr. Meilen = 792 und 697 km) ist die vulkanische Thätigkeit erst in der dritten, inneren Parallelkette, dem Tian-schan, von dem eben genannten Litorale in fast viermal größerer Entfernung, ausgebrochen unter sehr speziellen Verhältnissen, Schichten verwerfenden und Klüfte erregenden nahen Bodensenkungen. Aus dem von mir angeregten und freundschaftlich von Herrn Stanislas Julien fortgesetzten Studium geographischer Werke der Chinesen wissen wir, daß auch der Kuen-lün, das nördliche Gebirge von Tibet, der Tsischi-schan der Mongolen, in dem Hügel Schin-khieu eine ununterbrochen Flammen ausstoßende Höhle besitzt. Das Phänomen scheint ganz analog zu sein der mehrere tausend Jahre schon brennenden Chimära in Lykien; es ist kein Vulkan, sondern ein weithin Wohlgeruch verbreitender (naphthahaltiger?) Feuerbrunnen. Der Kuen-lün, welchen ganz wie ich Dr. Thomas Thomson, der gelehrte Botaniker des westlichen Tibets, für eine Fortsetzung des Hindu-Khu erklärt, an welchen von Südost her sich die Himalayakette anschart, nähert sich dieser Kette an ihrer westlichen Extremität dermaßen, daß mein vortrefflicher Freund, Adolf Schlagintweit, „den Kuen-lün und Himalaya dort an der Westseite des Indus nicht als getrennte Ketten, sondern als eine Bergmasse bezeichnen will". Aber in der ganzen Erstreckung nach Osten bis 90° östl. Länge gegen den Sternensee hin

bildet der Kuen-lün, wie schon im 7. Jahrhundert unserer Zeitrechnung, unter der Dynastie der Sui entworfene, umständliche Beschreibungen lehren, eine vom Himalaya um $7^1/_2$ Breitengrade Unterschieds unabhängig fortlaufende, west-östliche Parallelkette. Den Brüdern Hermann und Robert Schlagintweit ist zuerst die Kühnheit geglückt, von Ladak aus die Kuen-lün-Kette zu überschreiten und in das Gebiet von Khotan zu gelangen, in den Monaten Juli und September 1856. Nach ihren immer so sorgfältigen Beobachtungen ist an der nördlichen Grenze von Tibet die höchste wasserscheidende Bergkette die, auf welcher der Karakorumpaß (17170 Par. Fuß = 5577 m), von SO nach NW streichend, also dem südlich gegenüberstehenden Teile des Himalaya (im Westen vom Dhawalagiri) parallel sich befindet. Die Flüsse von Yarkand und Karakasch, welche das große Wassersystem des Tarim und Sees Lop teilweise bilden, haben ihren Ursprung an dem nordöstlichen Abhange der Karakorumkette. Von diesem Quellgebiete gelangten sie über Kisilkorum und die heißen Quellen (49° C.) an dem kleinen Alpensee Kiu-kul an die ost-westlich streichende Kette des Kuen-lün.

201 (S. 333.) Arago nimmt fast dieselbe Dicke der Erdkruste, 40000 m, ungefähr $5^1/_2$ Meile, an; Elie de Beaumont vermehrt die Dicke um $^1/_4$. Die älteste Angabe ist die von Cordier, im mittleren Wert 14 geogr. Meilen (104 km), eine Zahl, welche aber in der mathematischen Theorie der Stabilität von Hopkins noch 14mal zu vergrößern wäre und zwischen 172 und 215 geograph. Meilen (1276 bis 1595 km) fallen würde. Ich stimme aus geologischen Gründen ganz den Zweifeln bei, welche Naumann in seinem vortrefflichen Lehrbuche der Geognosie gegen diese ungeheure Entfernung des flüssigen Inneren von den Kratern der thätigen Vulkane erhoben hat.

202 (S. 334.) Von der Art, wie in der Natur durch sehr kleine, allmähliche Anhäufung erkennbare Mischungsveränderungen entstehen, gibt die von Malaguti entdeckte, durch Field bestätigte Gegenwart von Silber im Meerwasser ein merkwürdiges Beispiel. Trotz der ungeheuren Größe des Ozeans und der so geringen Oberfläche, welche die den Ozean befahrenden Schiffe darbieten, ist doch in neuester Zeit die Silberspur im Seewasser an dem Kupferbeschlag der Schiffe bemerkbar geworden.

203 (S. 334.) Die erste genaue Analyse von dem Gas, welches mit Geräusch aus der großen Solfatare von Pozzuoli ausbricht und von Herrn Ch. Sainte-Claire Deville mit vieler Schwierigkeit gesammelt wurde, gab an schwefliger Säure (acide sulfureux) 24,5, an Sauerstoff 414,5 und an Stickstoff 61,4.

204 (S. 335.) Boussingault, Économie rurale (1851). T. II, p. 724—726: „La permanence des orages dans le sein de l'atmosphère (sous les tropiques) est un fait capital, parce qu'il se rattache à une des questions les plus importantes de la Physique du Globe, celle de la fixation de l'azote de l'air

dans les êtres organisés. Toutes les fois qu'une série d'étincelles électriques passe dans l'air humide, il y a production et combinaison d'acide nitrique et d'ammoniaque. Le nitrate d'ammoniaque accompagne constamment l'eau des pluies d'orage, et comme fixe par sa nature, il ne saurait se maintenir à l'état de vapeur; on signale dans l'air du-carbonate ammoniacal, et l'ammoniaque du nitrate est amenée sur la terre par la pluie. Ainsi, en définitive, ce serait une action électrique, la foudre, qui disposerait le gaz azote de l'atmosphère à s'assimiler aux êtres organisés. Dans la zone équinoxiale pendant l'année entière, tous les jours, probablement même à tous les instans, il se fait dans l'air une continuité de décharges électriques. Un observateur placé à l'équateur, s'il était doué d'organes assez sensibles, y entendrait continuellement le bruit du tonnerre." Salmiak wird aber auch so wie Kochsalz als Sublimationsprodukt der Vulkane von Zeit zu Zeit auf den Lavaströmen selbst gefunden: am Hekla, Vesuv und Aetna, in der Vulkankette von Guatemala (Vulkan von Izalco) und vor allem in Asien in der vulkanischen Kette des Tian-schan. Die Bewohner der Gegend zwischen Kutsche, Turfan und Hami bezahlen in gewissen Jahren ihren Tribut an den Kaiser von China in Salmiak (chinesisch naoscha, persisch nuschaden), welcher ein wichtiger Gegenstand des auswärtigen Handels ist.

[205] (S. 336.) Rozet, Mémoire sur les Volcans d'Auvergne in den Mémoires de la Soc. géol. de France, 2ème Série, T. I. 1844. p. 64 et 120—130: „Les basaltes (comme les Trachytes) ont percé le gneis, le granite, le terrain houille, le terrain tertiaire et les plus anciens dépôts diluviens. On voit même les basaltes recouvrir souvent des masses de caillous roulés basaltiques; ils sont sortis par une infinité d'ouvertures dont plusieurs sont encore parfaitement (?) reconnaissables. Beaucoup présentent des cônes de scories plus ou moins considérables, mais on n'y trouve jamais des cratères semblables à ceux qui ont donné des coulées de laves . . . ."

[206] (S. 336.) Gleich den granitartigen Stücken, eingehüllt im Trachyt vom Jorullo.

[207] (S. 336.) Auch in der Eifel, nach dem wichtigen Zeugnis des Berghauptmanns von Dechen.

[208] (S. 336.) Der Rio de Guaillabamba fließt in den Rio de las Esmeraldas. Das Dorf Guaillabamba, bei welchem ich die isolierten, olivinhaltigen Basalte fand, hat nur 6482 Fuß (2107 m) Meereshöhe. In dem Thale herrscht eine unerträgliche Hitze, die aber noch größer ist im Valle de Chota, zwischen Tusa und der Villa de Ibarra, dessen Sohle bis 4962 Fuß (1612 m) herabsinkt und das, mehr eine Kluft als ein Thal, bei kaum 9000 Fuß (2920 m) Breite über 4500 Fuß (1460 m) tief ist. Der Trümmerausbruch Volcan de Ansango an dem Abfall des Antisana gehört

keineswegs zur Basaltformation, er ist ein basaltähnlicher Oligoklastrachyt.

[209] (S. 338.) Nach Boussingault haben die von Wisse mitgebrachten ausgeworfenen Trachytstücke, am oberen Abfall des Kegels gesammelt (der Reisende gelangte bis in eine Höhe von 900 Fuß [292 m] unter dem Gipfel, welcher selbst 456 Fuß [148 m] Durchmesser hat), eine schwarze, pechsteinartige Grundmasse mit eingewachsenen Kristallen von glasigem (?) Feldspat. Eine sehr merkwürdige, in Vulkanauswürfen bisher wohl einzige Erscheinung ist, daß mit diesen großen, schwarzen Trachytstücken zugleich kleine Stücke scharfkantigen reinen Quarzes ausgestoßen werden. Diese Fragmente haben (nach einem Briefe meines Freundes Boussingault vom Januar 1851) nicht mehr als 4 ccm Volum. In der Trachytmasse selbst ist kein eingesprengter Quarz zu finden. Alle vulkanischen Trachyte, welche ich in den Kordilieren von Südamerika und Mexiko untersucht habe, ja selbst die trachytartigen Porphyre, in denen die reichen Silbergänge von Real del Monte, Moran und Regla, nördlich vom Hochthal von Mexiko, aufsetzen, sind völlig quarzfrei. Trotz dieses scheinbaren Antagonismus von Quarz und Trachyt in entzündeten Vulkanen, bin ich keineswegs geneigt, den vulkanischen Ursprung der trachytes et porphyres meulières (Mühlsteinstrachyte), auf welche Beudant zuerst recht aufmerksam gemacht hat, zu leugnen. Die Art aber, wie diese auf Spalten ausgebrochen sind, ist, ihrer Entstehung nach, gewiß ganz verschieden von der Bildung der kegel- und domartigen Trachytgerüste.

[210] (S. 338.) Das Vollständigste, was wir, auf wirkliche Messungen der Höhenverhältnisse, Neigungswinkel und Profilansichten gegründet, von irgend einer vulkanischen Gegend besitzen, ist die schöne Arbeit des Olmützer Astronomen Julius Schmidt über den Vesuv, die Solfatara, Monte nuovo, die Astroni, Rocca Monfina und die alten Vulkane des Kirchenstaats (im Albaner Gebirge, Lago Bracciano und Lago di Bolsena).

[211] (S. 339.) Bei der fortschreitenden Vervollkommnung unserer Kenntnisse von der Gestaltung der Oberfläche des Mondes von Tobias Meyer an bis Lohrmann, Mädler und Julius Schmidt ist im ganzen der Glaube an die großen Analogien zwischen den vulkanischen Gerüsten der Erde und des Mondes eher vermindert als vermehrt worden, nicht sowohl wegen der Dimensionsverhältnisse und früh erkannten Anreihung so vieler Ringgebirgsformen, als wegen der Natur der Rillen und der nicht schattenwerfenden Strahlensysteme (Lichtradiationen) von mehr als hundert Meilen Länge und ½ bis 4 Meilen Breite, wie am Tycho, Kopernikus, Kepler und Aristarch. Auffallend ist es immer, daß schon Galilei in seinem Briefe an den Pater Christoph Grienberger sulle Montuosità della Luna, Ringgebirge, deren Durchmesser er für größer hielt, als sie sind, glaubte mit dem umwallten Böhmen vergleichen

zu dürfen, und daß der scharfsinnige Robert Hooke in seiner Mikrographie den auf dem Mond fast überall herrschenden Typus kreisförmiger Gestaltung schon der Reaktion des Inneren des Mondkörpers auf das Aeußere zuschrieb. Bei den Ringgebirgen des Mondes haben in den neueren Zeiten das Verhältnis der Höhe der Centralberge zu der Höhe der Umwallung oder der Kraterränder, wie die Existenz parasitischer Krater auf der Umwallung selbst mich lebhaft interessiert. Das Ergebnis aller sorgfältigen Beobachtungen von Julius Schmidt, welcher mit der Fortsetzung und Vollendung der Mondtopographie von Lohrmann beschäftigt ist, setzt fest, daß kein einziger Centralberg die Wallhöhe seines Kraters erreicht, sondern daß derselbe mit seinem Gipfel wahrscheinlich in allen Fällen noch bedeutend unter derjenigen Oberfläche des Mondes liegt, aus welcher der Krater ausgebrochen ist. Während der Schlackenkegel im Krater des Vesuvs, der am 22. Oktober 1822 aufgestiegen ist, nach Brioschis trigonometrischer Messung die Punta del Palo, den höchsten nördlichen Kraterrand (von 618 Toisen über dem Meere), um 28 Fuß (9,1 m) überragt und in Neapel sichtbar war, liegen auf dem Monde viele von Mädler und dem Olmützer Astronomen gemessene Centralberge volle 1000 Toisen tiefer als der mittlere Umwallungsrand, ja 100 Toisen unter dem, was man in derselben Mondgegend für das nähere mittlere Niveau halten kann. Gewöhnlich sind die Centralberge oder Central-Massengebirge des Mondes vielgipfelig, wie im Theophilus, Petavius und Bullialdus. Im Kopernikus liegen 6 Centralberge, und einen eigentlichen centralen Pik mit scharfer Spitze zeigt allein der Alphons. Dies Verhältnis erinnert an die Astroni in den Phlegräischen Feldern, auf deren domförmige Centralmassen Leopold von Buch mit Recht viel Wichtigkeit legte. „Diese Massen brachen nicht auf (so wenig als die im Centrum der Mond-Ringgebirge), es entstand keine dauernde Verbindung mit dem Inneren, kein Vulkan, sondern vielmehr gleichsam ein Modell der großen, so vielfältig über die Erdrinde verbreiteten, trachytischen, nicht geöffneten Dome, des Puy de Dôme und des Chimborazo." Die Umwallung der Astroni hat eine überall geschlossene elliptische Form, welche nirgend mehr als 130 Toisen (253 m) über dem Meeresspiegel erreicht. Die Gipfel der centralen Kuppen liegen 103 Toisen (200 m) tiefer als das Maximum des südwestlichen Kraterwalles. Die Kuppen bilden zwei unter sich parallele, mit dichtem Gesträuch bekleidete Rücken. Zu den merkwürdigsten Gegenständen der ganzen Mondfläche gehört aber das Ringgebirge Petavius, in welchem der ganze innere Kraterboden konvex, blasen- oder kuppelförmig expandiert, und doch mit einem Centralberge gekrönt ist. Die Konvexität ist hier eine dauernde Form. In unseren Erdvulkanen wird nur bisweilen (temporär) die Bodenfläche des Kraters durch die Kraft unterer Dämpfe fast bis zur Höhe des Kraterrandes gehoben, aber sowie die Dämpfe durchbrechen, sinkt die Bodenfläche wieder herab. Die

größten Durchmesser der Krater auf der Erde sind die Caldeira de Fogo, nach Charles Deville zu 41000 Toisen (8 km = 1,08 geogr. Meile), die Caldeira von Palma, nach Leopold von Buch zu 3100 Toisen (6042 m), während auf dem Monde Theophilus 50000 Toisen (97450 m) und Tycho 45000 Toisen (87700 m), letztere beiden also 13 und 11,3 geogr. Meilen im Durchmesser haben. Parasitische Nebenkrater, auf einem Randwalle des großen Kraters ausgebrochen, sind auf dem Monde sehr häufig. Der Kraterboden dieser Parasiten ist gewöhnlich leer, wie auf dem zerrissenen großen Rande des Maurolycus; seltener ist ein kleiner Centralberg, vielleicht ein Auswurfskegel, darin zu sehen, wie im Longomontanus. Auf einer schönen Skizze des Aetnakratersystems, welches mir mein Freund, der Astronom Christian Peters (jetzt in Albany in Nordamerika), aus Flensburg im August 1854 schickte, erkennt man deutlich den parasitischen Randkrater (Pozzo di Fuoco genannt), der sich im Januar 1833 an der Ost-Süd-Ostseite bildete und bis 1843 mehrere starke Lavaausbrüche hatte.

[212] (S. 339.) Der wenig charakterisierende, unbestimmte Name Trachyt (Rauhstein), welcher jetzt so allgemein dem Gestein, in dem die Vulkane ausbrechen, gegeben wird, ist erst im Jahre 1822 von Hauy einem Gestein der Auvergne gegeben worden, bloß mit Erwähnung der Ableitung des Namens und einer kurzen Beschreibung, in welcher der älteren Benennungen: Granite chauffé en place von Desmarets, Trappporphyre und Domite gar nicht Erwähnung geschah. Nur durch mündliche Mitteilung, welche die Vorlesungen Hauys im Jardin des Plantes veranlaßten, ist der Name Trachyt schon vor 1822, z. B. in Leopolds von Buch im Jahre 1818 erschienener Abhandlung über basaltische Inseln und Erhebungskrater, durch Daubuissons Traité de Minéralogie von 1819, durch Beudants wichtiges Werk, Voyage en Hongrie, verbreitet worden. Aus freundschaftlichen Briefen, welche ich ganz neuerlich Herrn Elie de Beaumont verdanke, geht hervor, daß die Erinnerungen von Herrn Delafosse, Hauys früherem Aide naturaliste, jetzigem Mitgliede des Instituts, die Benennung von Trachyt zwischen die Jahre 1813 und 1816 setzen. Die Publikation des Namens Domit durch Leopold von Buch scheint nach Ewald in das Jahr 1809 zu fallen. Es wird des Domits zuerst im dritten Briefe an Karsten erwähnt. „Der Porphyr des Puy de Dôme," heißt es dort, „ist eine eigene, bis jetzt namenlose Gebirgsart, die aus Feldspatkristallen mit Glasglanz, Hornblende und schwarzen Glimmerblättchen besteht. In den Klüften dieser Gebirgsart, die ich vorläufig Domit nenne, finden sich schöne Drusen, deren Wände mit Kristallen von Eisenglimmer bedeckt sind. In der ganzen Länge des Puys wechseln Kegel aus Domit mit Schlackenkegeln ab." Der zweite Band der Reisen, welcher die Briefe aus der Auvergne enthält, ist 1806 gedruckt, aber erst 1809 ausgegeben worden, so daß die Publikation des Namens Domit eigentlich in

dieses Jahr gehört. Sonderbar ist es, daß 4 Jahre später in Leopolds von Buch Abhandlung über den Trappporphyr des Domits nicht mehr Erwähnung geschieht. — Wenn ich im Texte der Zeichnung eines Profils der Kordilleren gedenke, welche in meinem Reisejournal vom Monat Juli 1802 enthalten ist und vom 4. Grade nördlicher bis 4° südlicher Breite unter der Aufschrift affinité entre le feu volcanique et les porphyres sich findet, so ist es nur, um zu erinnern, daß dieses Profil, welches die drei Durchbrüche der Vulkangruppen von Popayan, los Pastos und Quito, wie auch den Ausbruch der Trappporphyre in dem Granit und Glimmerschiefer des Paramo de Assuay (auf der großen Straße von Cadlud, in 14568 Fuß = 4804 m Höhe) darstellt, Leopold von Buch angeregt hat, mir nur zu bestimmt und zu wohlwollend die erste Anerkenntnis zuzuschreiben, „daß alle Vulkane der Andeskette in einem Porphyr ihren Sitz haben, der eine eigentümliche Gebirgsart ist und den vulkanischen Formationen wesentlich zugehört". Am allgemeinsten mag ich allerdings das Phänomen ausgedrückt haben, aber schon 1789 hatte Rose, dessen Verdienste lange verkannt worden sind, in seinen orographischen Briefen das vulkanische Gestein des Siebengebirges „als eine dem Basalt und Porphyrschiefer nahe verwandte, eigene rheinische Porphyrart" beschrieben. Er sagt, diese Formation sei durch glasigen Feldspat, den er Sanidin zu nennen vorschlägt, besonders charakterisiert und gehöre dem Alter ihrer Bildung nach zu den Mittel-Flözgebirgen. Daß Rose, wie Leopold von Buch behauptet, diese Porphyrformation, die er wenig glücklich Granitporphyr nennt, sogar mit den Basalten auch für jünger als die neuesten Flözgebirge erkannt habe, finde ich nicht begründet. „Nach den glasigen Feldspaten," sagt der große, so früh uns entrissene Geognost, „sollte die ganze Gebirgsart benannt sein (also Sanidinporphyr), hätte sie nicht schon den Namen Trappporphyr." Die Geschichte der systematischen Nomenklatur einer Wissenschaft hat insofern eine Wichtigkeit, als die Reihenfolge der herrschenden Meinungen sich darin abspiegelt.

213 (S. 340.) Oligoklas wurde zuerst von Breithaupt als neue Mineralspezies aufgestellt. Später zeigte es sich, daß Oligoklas identisch sei mit einem Mineral, welches Berzelius in einem in Gneis aufsetzenden Granitgange bei Stockholm beobachtet und wegen der Aehnlichkeit in der chemischen Zusammensetzung Natron Spodumen genannt hatte.

214 (S. 341.) Berzelius hatte den Oligoklas, sein Natron Spodumen, nur auf einem Granitgange gefunden; in einer Abhandlung Gustav Roses wurde zuerst das Vorkommen als Gemengteils des Granits (der Gebirgsart selbst) ausgesprochen. Gustav Rose bestimmte hier den Oligoklas nach seinem spezifischen Gewichte, seinem in Vergleich mit Albit größeren Kalkgehalte, und seiner größeren Schmelzbarkeit. Dieselbe Menge, mit welcher er das

spezifische Gewicht zu 2,682 gefunden hatte, wurde von Rammelsberg analysiert.

[215] (S. 341.) Fragmente von Leucitophyr, von mir am Monte nuovo gesammelt, sind von Gustav Rose beschrieben in Friedrich Hoffmanns Geognostischen Beobachtungen, 1839, S. 219. Der Trachyt der Insel Ischia enthält im Arso oder Strom von Cremate (1301) glasigen Feldspat, braunen Glimmer, grünen Augit, Magneteisen und Olivin (S. 528); keinen Leucit.

[216] (S. 342.) Die geognostisch-topographischen Verhältnisse des Siebengebirges bei Bonn sind mit verallgemeinerndem Scharfsinne und großer Genauigkeit entwickelt worden von meinem Freunde, dem Berghauptmann H. von Dechen. Alle bisher erschienenen chemischen Analysen der Trachyte des Siebengebirges sind darin zusammengestellt, wobei auch der Trachyte vom Drachenfels und Röttchen gedacht wird, in denen außer den großen Sanidinkristallen sich viele kleine kristallinische Teile in der Grundmasse unterscheiden lassen. „Diese Teile hat Dr. Bothe in dem Mitscherlichschen Laboratorium durch chemische Zerlegung für Oligoklas erkannt, ganz mit dem von Berzelius aufgeführten Oligoklas von Danvikszoll (bei Stockholm) übereinstimmend." Die Wolkenburg und der Stenzelberg sind ohne glasigen Feldspat und gehören nicht zur zweiten Abteilung, sondern zur dritten; sie haben ein Tolucagestein. Viele neue Ansichten enthält der Abschnitt der Geognostischen Beschreibung des Siebengebirges, welcher von dem relativen Alter der Trachyt- und Basaltkonglomerate handelt. „Zu den selteneren Trachytgängen in den Trachytkonglomeraten, welche beweisen, daß nach der Ablagerung des Konglomerates die Trachytbildung noch fortgedauert hat, gesellen sich häufige Basaltgänge. Die Basaltbildung reicht bestimmt bis in eine jüngere Zeit hinein als die Trachytbildung, und die Hauptmasse des Basaltes ist hier jünger als der Trachyt. Dagegen ist nur ein Teil dieses Basaltes, nicht aller Basalt, jünger als die große Masse des Braunkohlengebirges. Die beiden Bildungen Basalt und Braunkohlengebirge greifen im Siebengebirge wie an so vielen anderen Orten ineinander und sind in ihrer Gesamtheit als gleichzeitig zu betrachten." Wo sehr kleine Quarzkristalle als Seltenheit in den Trachyten des Siebengebirges, wie (nach Nöggerath und Bischof) im Drachenfels und im Rhöndorfer Thale, auftreten, erfüllen sie Höhlungen und scheinen späterer Bildung, vielleicht durch Verwitterung des Sanidins entstanden. Am Chimborazo habe ich ein einziges Mal ähnliche, aber sehr dünne Quarzablagerungen an den Wänden der Höhlungen einiger ziegelroter, recht poröser Trachytmassen in etwa 16000 Fuß (5200 m) Höhe gesehen. Diese in meinem Reisejournale mehrmals erwähnten Stücke liegen nicht in den Berliner Sammlungen. Auch Verwitterung von Oligoklas oder der ganzen Grundmasse des Gesteins kann solche Spuren freier Kieselsäure hergeben. Einige Punkte des Siebengebirges

verdienen noch neue und anhaltende Untersuchung. Der höchste Gipfel, die Löwenburg, als Basalt aufgeführt, scheint nach der Analyse von Bischof und Kjerulf ein doleritartiges Gestein zu sein. Das Gestein der kleinen Rosenau, das man bisweilen Sanidophyr genannt hat, gehört nach G. Rose zur ersten Abteilung seiner Trachyte und steht manchen Trachyten der Ponzainseln sehr nahe. Der Trachyt vom Drachenfels, mit großen Kristallen von glasigem Feldspat, soll nach Abichs leider noch nicht veröffentlichten Beobachtungen am ähnlichsten sein dem 8000 Fuß (2600 m) hohen Dsyndserly-dagh, welcher nördlich vom großen Ararat aus einer von devonischen Bildungen unterteuften Nummulitenformation aufsteigt.

217 (S. 342.) Wegen der großen Nähe des Kaps Perdica der Insel Aegina an die braunroten, altberühmten Trözentrachyte der Halbinsel Methana und wegen der Schwefelquellen von Bromolimni ist es wahrscheinlich, daß die Trachyte von Methana wie die der Insel Kalauria bei dem Städtchen Poros zu derselben dritten Abteilung von Gustav Rose (Oligoklas mit Hornblende und Glimmer) gehören.

218 (S. 342.) Die basaltartigen Säulen von Pisoje, deren feldspatartigen Gemengteil Francis zerlegt hat, nahe am Caucaufer, in den Ebenen von Amolanga (unfern der Pueblos de Santa Barbara und Marmato), bestehen aus etwas verändertem Oligoklas in großen schönen Kristallen und kleinen Kristallen von Hornblende. Diesem Gemenge sind nahe verwandt: der quarzhaltige Dioritporphyr von Marmato, den Degenhardt mitbrachte und in dem Abich den feldspatartigen Bestandteil Andesin nannte; das quarzfreie Gestein von Cucurusape, nahe bei Marmato, aus der Sammlung von Boussingault; das Gestein, welches ich 3 geogr. Meilen (22 km) östlich vom Chimborazo unter den Trümmern von Altriobamba anstehend fand, und endlich das Gestein vom Esterelgebirge im Depart. du Var.

219 (S. 343.) Der Feldspat in den Trachyten von Tenerifa ist zuerst 1842 von Charles Deville, der im Herbst jenes Jahres die Kanarischen Inseln besuchte, erkannt worden. „Les travaux de Mrs. Gustave Rose et H. Abich,“ sagt er, „n'ont pas peu contribué, sous le double point de vue crystallographique et chimique, à répandre du jour sur les nombreuses variétés de minéraux qui étaient comprises sous la vague dénomination de feldspat. J'ai pu soumettre à l'analyse des cristaux *isolés avec soin* et dont la densité en divers échantillons était très uniformément 2,593, 2,594 et 2,586. C'est la première fois que le feldspat oligoclase a été indiqué dans les terrains volcaniques, à l'exception peut-être de quelques-unes des grandes masses de la Cordillère des Andes. Il n'avait été signalé, au moins d'une manière certaine, que dans les roches éruptives anciennes (plutoniques, granites, Syénites, Porphyres syéni-

tiques . . . .), mais dans les trachytes du Pic de Ténériffe il joue un rôle analogue à celui du labrador dans les masses doléritiques de l'Etna."

[220] (S. 343.) Die erste Höhenbestimmung des großen Vulkanes von Mexiko, des Popocateptl, ist, soviel ich weiß, die oben erwähnte, von mir am 24. Januar 1804 im Llano de Tetimba ausgeführte trigonometrische Messung. Der Gipfel wurde 1536 Toisen (2993 m) hoch über dem Llano gefunden, und da dies barometrisch 1234 Toisen (2405 m) über der Küste von Veracruz liegt, so ergibt sie als absolute Höhe des Vulkanes 2770 Toisen oder 16620 Par. Fuß (5400 m). Die meiner trigonometrischen Bestimmung folgenden barometrischen Messungen ließen vermuten, daß der Vulkan noch höher sei, als ich ihn angegeben. William Glennie, der zuerst am 20. April 1827 an den Rand des Kraters gelangte, fand nach seiner eigenen Berechnung 17884 engl. Fuß = 2796 Toisen (5451 m), nach einer Korrektion des um die amerikanische Hypsometrie so hoch verdienten Oberbergrates Burkart, mit fast gleichzeitiger Barometerhöhe in Veracruz verglichen, gar 16900 Par. Fuß (5490 m). Eine barometrische Messung von Samuel Birbeck (10. November 1827), nach den Tafeln von Oltmanns berechnet, gab jedoch wiederum nur 16753 Par. Fuß (5442 m); die Messung von Alexandre Doignon, fast zu höflich mit der trigonometrischen Messung von Tetimba übereinstimmend, 5403 m = 16632 Par. Fuß. Der kenntnisvolle jetzige preußische Gesandte in Washington, Herr von Gerolt, ist, begleitet vom Baron Gros (28. Mai 1833), ebenfalls auf dem Gipfel des Popocateptl gewesen und hat nach einer genauen barometrischen Messung die Roca del Fraile unterhalb des Kraters 15850 Par. Fuß (5148 m) über dem Meere gefunden. Mit den hier in chronologischer Ordnung angegebenen hypsometrischen Resultaten kontrastiert sonderbar eine, wie es scheint, mit vieler Sorgfalt angestellte Barometermessung des Herrn Craveri, welche Petermann in seinen so gehaltvollen Mitteilungen über wichtige neue Erforschungen der Geographie 1856, bekannt gemacht hat. Der Reisende fand im September 1855 die Höhe des höchsten, d. i. nordwestlichen Kraterrandes, mit dem verglichen, was er für die mittlere Höhe des Luftdruckes in Veracruz hielt, nur zu 5230 m = 16099 Par. Fuß, also 521 Par. Fuß = 168 m (1/32 der ganzen gemessenen Höhe) weniger als ich bei der trigonometrischen Messung ein halbes Jahrhundert früher. Auch die Höhe der Stadt Mexiko über dem Meere hält Craveri für 184 Par. Fuß geringer, als Burkart und ich sie zu sehr verschiedenen Zeiten gefunden haben; er schätzt sie (statt 2277 m = 1168 Toisen) nur zu 2217 m. Ich habe mich über diese Schwankungen in plus und minus um das Resultat meiner trigonometrischen Messung, der leider noch immer keine zweite gefolgt ist, in der vorbenannten Zeitschrift des Dr. Petermann umständlicher erklärt. Die 453 Höhenbestimmungen, welche ich vom September 1799 bis Februar 1804 in Venezuela,

an den waldigen Ufern des Orinoko, Rio de la Magdalena und Amazonenflusses, in den Kordilleren von Neugranada, Quito und Peru und in der Tropengegend von Meriko gemacht habe, und welche alle, von neuem von Prof. Oltmanns gleichmäßig nach der Formel von Laplace mit dem Koeffizienten von Ramond berechnet, in meinem Nivellement barométrique et géologique 1810 publiziert worden sind, wurden ohne Ausnahme mit Ramsdenschen Gefäßbarometern à niveau constant und keineswegs mit Apparaten, in welche man nacheinander mehrere frisch gefüllte Torricellische Röhren einsetzen kann, noch mit dem von mir selbst angegebenen, in Lamétheries Journal de Physique, T. IV, p. 468 beschriebenen und bloß in den Jahren 1796 und 1797 in Deutschland und Frankreich bisweilen gebrauchten Instrumente gemacht. Ganz gleich konstruierter Ramsdenscher tragbarer Gefäßbarometer habe ich mich auch 1805 auf einer Reise durch Italien und die Schweiz mit Gay-Lussac zu unserer beiderseitigen Befriedigung bedient. Die vortrefflichen Arbeiten des Olmützer Astronomen Julius Schmidt an den Kraterrändern des Vesuvs bieten durch Vergleichung neue Motive zu dieser Befriedigung dar. Da ich nie den Gipfel des Popocateptl bestiegen habe, sondern ihn trigonometrisch maß, so ist kein Grund vorhanden zu dem wundersamen Vorwurfe (Craveri in Petermanns Geogr. Mitteilungen Heft X, S. 359): „die von mir dem Berge zugeschriebene Höhe sei darum ungenügend, weil ich mich, wie ich selbst berichte, der Aufstellung frisch gefüllter Toricellischer Röhren bedient hätte“. Der Apparat mit mehreren Röhren ist gar nicht in freier Luft zu gebrauchen, am wenigsten auf dem Gipfel eines Berges. Er gehört zu den Mitteln, die man bei den Bequemlichkeiten, welche Städte darbieten, in langen Zwischenzeiten anwenden kann, wenn man über den Zustand seiner Barometer unruhig wird. Ich habe dieses Beruhigungsmittel nur in sehr seltenen Fällen angewandt, würde es aber auch jetzt noch den Reisenden neben der Vergleichung mit dem Siedepunkte ebenso warm empfehlen als in meinen Observ. Astron.: „Comme il vaut mieux ne pas observer du tout que de faire de mauvaises observations, on doit moins craindre de briser le baromètre que de le voir dérangé. Comme nous avons, Mr. Bonpland et moi, traversé quatre fois les Cordillères des Andes, les mesures qui nous intéressoient le plus, ont été répétées à différentes reprises: on est retourné aux endroits qui paroissoient douteux. On s'est servi de temps en temps de *l'appareil de Mutis*, dans lequel on fait l'expérience primitive de Torricelli, en appliquant successivement trois ou quatre tubes fortement chauffés, remplis de mercure récemment bouilli dans un creuset de grès. Lorsqu'on est sûr de ne pas pouvoir remplacer les tubes, il est peut-être prudent de ne pas faire bouillir le mercure dans ces tubes mêmes. C'est ainsi que j'ai trouvé dans

des expériences faites conjointement avec Mr. Lindner, professeur de chimie à l'école des mines du Mexique, la hauteur de la colonne de mercure à Mexico, dans six tubes, de

259,7 lignes (ancien pied de Paris)
259,5
259,9
259,9
260,0
259,9

Les deux derniers tubes seuls avoient été purgés d'air au feu, par Mr. Bellardoni, ingénieur d'instruments à Mexico. Comme l'exactitude de l'expérience depend en partie de la propreté intérieure des tubes vides, si faciles à transporter, il est utile de les fermer hermétiquement à la lampe." Da in Gebirgsgegenden die Höhenwinkel nicht vom Meeresufer aus unternommen werden können und die trigonometrischen Messungen gemischter Natur und zu einem beträchtlichen Teile (oft zu $\frac{1}{2}$ oder $\frac{1}{2,7}$ der ganzen Höhe) barometrisch sind, so ist die Höhenbestimmung der Hochebene, in welcher die Standlinie (base) gemessen wurde, von großer Wichtigkeit. Weil korrespondierende Barometerbeobachtungen am Meere selten oder meist nur in allzu großer Entfernung erlangt werden, so sind Reisende nur zu oft geneigt, was sie aus Beobachtungen weniger Tage geschlossen, die zu verschiedenen Jahreszeiten von ihnen angestellt wurden, für die mittlere Höhe des Luftdruckes der Hochebene und an dem Meeresufer zu halten. „Dans la question de savoir, si une mesure faite au moyen du baromètre peut atteindre l'exactitude des opérations trigonométriques, il ne s'agit que d'examiner, si dans un cas donné les deux genres de mesures ont été faites dans des circonstances également favorables, c'est-à-dire en remplissant les conditions que la théorie et une longue expérience ont prescrites. Le géomètre redoute le jeu de réfractions terrestres, le physicien doit craindre la distribution si inégale et peu simultanée de la température dans la colonne d'air aux extrémités de laquelle se trouvent placés les deux baromètres. Il est assez probable que près de la surface de la terre le décroissement du calorique est plus lent qu'à de plus grandes élévations; et pour connoître avec précision la densité moyenne de toute la colonne d'air, il faudroit, en s'élevant dans un ballon, pouvoir examiner la température de chaque tranche ou couche d'air superposée." Wenn die barometrische Messung der Herren Truqui und Craveri dem Gipfel des Popocatepetl nur 16100 Par. Fuß (5230 m) gibt, dagegen Glennie 16780 Fuß (5451 m), so stimmt dagegen die neu bekannt gemachte eines Reisenden, welcher die Umgegend von Mexiko wie die Landschaften Yucatan und Chiapas durchforscht hat, des Gymnasial-

Professors Carl Heller zu Olmütz, bis auf 30 Fuß (9,75 m) mit der meinigen überein.

[221] (S. 343.) Bei dem Chimborazogestein ist es nicht möglich, wie das Aetnagestein es gestattet, die feldspatartigen Kristalle aus der Grundmasse, worin sie liegen, mechanisch zu sondern; aber der verhältnismäßig hohe Gehalt von Kieselsäure, verbunden mit dem damit in Zusammenhang stehenden geringeren spezifischen Gewichte des Gesteines lassen erkennen, daß der feldspatartige Gemengteil Oligoklas sei. Kieselsäuregehalt und spezifisches Gewicht stehen meist in umgekehrtem Verhältnis; der erstere ist bei Oligoklas und Labrador 64 und 53 Proz., während das letztere 2,66 und 2,71 ist. Anorthit hat bei nur 44 Proz., Kieselsäuregehaltes das große spezifische Gewicht von 2,76. Dieses umgekehrte Verhältnis zwischen Kieselsäuregehalt und spezifischem Gewichte trifft, wie Gustav Rose bemerkt, bei den feldspatartigen Mineralien, die auch isomorph sind, bei verschiedener Kristallform, nicht ein. So haben z. B. Feldspat und Leucit dieselben Bestandteile: Kali, Thonerde und Kieselsäure: der Feldspat aber 65 und der Leucit nur 56 Proz. Kieselsäure: und ersterer hat doch ein höheres spezifisches Gewicht (nämlich 2,56) als letzterer, dessen spezifisches Gewicht nur 2,48 beträgt.

Da ich im Frühjahr 1854 eine neue Analyse des Trachytes vom Chimborazo erwünschte, so hatte Prof. Rammelsberg die Freundschaft, sie mit der ihm eigenen Genauigkeit vorzunehmen. Ich lasse hier die Resultate dieser Arbeit folgen, wie sie mir von Gustav Rose in einem Briefe im Monat Juni 1854 mitgeteilt wurden: „Das Chimborazogestein, das der Prof. Rammelsberg einer sorgfältigen Analyse unterworfen hat, war aus einem Stück Ihrer Sammlung abgeschlagen, das Sie von dem schmalen Felskamm auf der Höhe von 2986 Toisen über dem Meere mitgebracht."

Analyse von Rammelsberg

(Höhe 17916 Par. Fuß = 5819 m, spezif. Gewicht 2,806).

		Sauerstoff		
Kieselerde	59,12		30,70	2,33
Thonerde	13,48		6,30	1
Eisenoxydul	7,27	1,61	6,93	
Kalkerde	6,50	1,85		
Talkerde	5,41	2,13		
Natron	3,46	0,89		
Kali	2,64	0,45		
	97,88			

Analyse von Abich

(Höhe 15180 Par. Fuß = 4931 m, spezif. Gewicht 2,685).

			Sauerstoff	
Kieselsäure	65,09	. .	33,81	2,68
Thonerde	15,58	. .	7,27	
Eisenoxyd	3,83	. .	1,16	
Eisenoxydul	1,73	. .	0,39	
Kalkerde	2,61	. .	0,73	1
Talkerde	4,10	. .	1,58	
Natron	4,46	. .	1,14	
Kali	1,99	. .	0,33	
Glühverlust und Chlor	0,41			
	99,80			

Zur Erklärung dieser Zahlen ist zu bemerken, daß die 1. Reihe die Bestandteile in Prozenten angibt, die 2. und 3. den Sauerstoffgehalt derselben. Die 2. Spalte bezeichnet nur den Sauerstoff der stärkeren Oxyde (die 1 Atom Sauerstoff enthalten). In der 3. Reihe ist derselbe zusammengefaßt, um ihn mit dem der Thonerde (die ein schwaches Oxyd ist) und der Kieselsäure vergleichen zu können. Die 4. Spalte gibt das Verhältnis des Sauerstoffs der Kieselsäure zum Sauerstoff der sämtlichen Basen, diesen = 1 gesetzt. Bei dem Trachyt des Chimborazo ist dieses Verhältnis = 2,33 : 1.

„Die Unterschiede in den Analysen von Rammelsberg und Abich sind allerdings bedeutend. Beide analysierten Gesteine des Chimborazo aus 17 916 (5819 m) und 15 180 Pariser Fuß (4931 m) Höhe; sie sind von Ihnen abgeschlagen worden und stammen aus Ihrer geognostischen Sammlung im königlichen Mineralienkabinette zu Berlin her. Das Gestein aus der geringeren Höhe (kaum 375 Fuß = 122 m höher als der Gipfel des Montblanc), welches Abich analysiert hat, hat ein geringeres spezifisches Gewicht, und in Uebereinstimmung damit eine größere Menge Kieselsäure als das Gestein, welches Rammelsberg von einem 2736 Fuß (888 m) höheren Punkte zerlegt hat. Nimmt man an, daß die Thonerde allein dem feldspatartigen Gemengteile angehört, so kann man in der Rammelsbergschen Analyse berechnen:

Oligoklas	58,66
Augit	34,14
Kieselsäure	4,08

Da also hier bei der Annahme von Oligoklas noch freie Kieselsäure übrig bleibt, so wird es wahrscheinlich, daß der feldspatartige Gemengteil Oligoklas und nicht Labrador sei. Dieser kommt mit freier Kieselsäure nicht vor, und bei der Annahme von Labrador in dem Gestein würde ja noch mehr Kieselsäure übrig bleiben."

Eine sorgfältige Vergleichung vieler Analysen, welche ich der belehrenden Freundschaft des Herrn Charles Sainte-Claire Deville

verdanke, dem die reichen geognostischen Sammlungen unseres gemeinschaftlichen Freundes Boussingault zur chemischen Benutzung offen stand, beweist, daß der Gehalt an Kieselsäure in der Grundmasse des trachytischen Gesteines meist größer ist als in den Feldspaten, welche sie enthalten. Die Tabelle, die mir mit großem Wohlwollen von dem Verfasser selbst mitgeteilt worden ist (im Monat Juni 1857), enthält allein fünf der großen Vulkane der Andeskette:

Namen der Vulkane	Struktur und Farbe der Masse	Kieselsäure in der ganzen Masse	Kieselsäure im Feldspat allein
Chimborazo	halb verglast, bräunlich-grau	65,09 Abich	58,26
	halb glasig und schwarz . .	63,19 Deville	
	kristallinisch dicht grau . .	62,66 Deville	
Antisana	grauschwarz	64,26 Abich	58,26
	. . . .	63,23 Abich	
Cotopaxi	glasig und bräunlich . . .	69,28 Abich	
	körnig	63,98 Abich	
Pichincha	schwarz, glasig	67,07 Abich	
Puracé	fast bouteillen grün . . .	60,80 Deville	55,40
Guadeloupe	grau, körnig und zellig . .	57,95 Deville	54,25
Bourbon	kristallinisch grau, porös .	50,90 Deville	49,06

„Ces différences, quant à la richesse en silice entre la pâte et le feldspat," setzt Charles Deville hinzu, „paraîtront plus frappantes encore, si l'on fait attention qu'en analysant une roche en masse, on analyse, avec la pâte proprement dite, non seulement des fragments de feldspat semblables à ceux que l'on en a extraits, mais encore des minèraux qui, comme l'amphibole, la pyroxène et surtout le péridot, sont moins riches en silice que le feldspat. Cet excès de silice se manifeste *quelquefois* par des grains isolés de quarz, comme Mr. Abich les a signalées dans les trachytes du Drachenfels (*Siebengebirge* de Bonn), et comme moi-même j'ai eu l'occasion de les observer avec quelque étonnement dans le dolérite trachytique de la Guadeloupe."

„Setzt man," sagt Gustav Rose, „der merkwürdigen Tabelle des Kieselsäuregehaltes des Chimborazo noch das Resultat der neuesten Analyse, der von Rammelsberg (Mai 1854), hinzu, so steht das Devillesche Resultat gerade in der Mitte zwischen denen von Abich und Rammelsberg. Wir erhalten

Chimborazogestein

Kieselsäure	65,09	Abich (spezif. Gewicht 2,685)
	63,19	Deville
	62,66	derselbe
	59,12	Rammelsberg (spezif. Gewicht 2,806)."

In der zu San Francisco in Kalifornien erscheinenden Zeitung l'Écho du Pacifique vom 5. Januar 1857 wird von einem französischen Reisenden, Herrn Jules Remy, berichtet, daß es ihm in Begleitung des Engländers Herrn Brencklay geglückt sei, am 3. November 1856 den Gipfel des Chimborazo zu ersteigen: „zwar in Nebel gehüllt und ohne es selbst während der Ersteigung zu merken (sans nous en douter)". Er beobachtete nämlich den Siedepunkt des Wassers zu 77,5° Cent. bei + 1,7° Lufttemperatur; als er hieraus „nach einer auf wiederholten Reisen im Hawaiarchipel erprobten hypsometrischen Regel die von ihm erreichte Höhe berechnete, ward er von dem erhaltenen Resultate überrascht. Er fand nämlich, daß er 6543 m hoch gewesen war", also in einer Höhe, die nur 40 Fuß (13 m) abweicht von der Höhe (6530 m, welche meine trigonometrische Messung bei Riobamba nuevo in der Hochebene von Tapia im Juni 1803 für den Gipfel des Chimborazo ergeben hatte. Diese Uebereinstimmung einer trigonometrischen Messung des Gipfels mit einer auf den Siedepunkt gegründeten wäre um so wunderbarer, als meine trigonometrische Messung, wie bei allen Bergmessungen in den Kordilleren, einen barometrischen Teil involviert, und durch Mangel korrespondierender Beobachtungen am Meeresufer der Südsee meine barometrische Bestimmung der Höhe des Llano de Tapia (2891 m oder 8899 Par. Fuß) nicht alle erwünschte Genauigkeit haben kann. Professor Poggendorff hat sich freundschaftlichst der Mühe unterzogen, zu prüfen, welches Resultat unter den wahrscheinlichsten Voraussetzungen eine rationellere Berechnungsweise geben würde. Er hat gefunden, daß, unter den beiden Hypothesen berechnet: daß am Meere die Lufttemperatur 27,5° C. oder 26,5° C. geherrscht habe und der Barometerstand 760,0 mm auf den Gefrierpunkt reduziert gewesen sei, man nach Regnaults Tafel folgendes Resultat erhalte: der Siedepunkt 77,5° C. auf dem Gipfel entspricht einem Barometerstand von 320,20 mm bei 0° Temperatur, die Lufttemperatur war + 1,7° C., wofür hier 1,5° genommen sein mag. Nach diesen Daten geben Oltmanns Tafeln für die angeblich erstiegene Höhe, in der ersten Hypothese (27,5° C.) = 7328,2 m und in der zweiten (26,5° C.) = 7314,5 m, also im Mittel 777 m oder 2390 Pariser Fuß (776 m) mehr als meine trigonometrische Messung. Wenn mit dieser der Versuch des Siedepunktes hätte übereinstimmen sollen, so hätte man, wäre wirklich der Gipfel des Chimborazo erstiegen worden, den Siedepunkt um 2,25° C. höher finden müssen.

222 (S. 343.) Daß die Trachytgesteine des Aetna Labrador enthalten, davon überzeugte sich und seine Freunde schon Gustav

Rose im Jahre 1833, als er die reichen sizilianischen Sammlungen von Friedrich Hoffmann im Berliner Mineralienkabinett aufstellte. In der Abhandlung über die Gebirgsarten, welche mit dem Namen Grünstein und Grünsteinporphyr bezeichnet werden, erwähnt Gustav Rose der Laven des Aetna, welche Augit und Labrador enthalten. Leopold von Buch nennt das Aetnagestein dem Dolerit der Basaltformation analog.

[223] (S. 343.) Ein vieljähriger und fleißiger Erforscher der Aetnatrachyte, Sartorius von Waltershausen, macht die wichtige Bemerkung, „daß die Hornblende dort vorzugsweise den älteren Massen angehört, den Grünsteingängen im Val del Bove, wie den weißen und rötlichen Trachyten, welche das Fundament des Aetna in der Serra Giannicola bilden. Dort werden schwarze Hornblende und hell-lauchgrüne Augite nebeneinander gefunden. Die neueren Lavaströme schon von 1669 an (besonders von 1787, 1809, 1811, 1819, 1832, 1838 und 1842) zeigen Augite, aber nicht Hornblende. Diese scheint unter einer langsameren Abkühlung zu entstehen." In den augithaltigen Trachyten der vierten Abteilung in der Andeskette habe ich, neben den häufigen Augiten, teils gar keine, teils, wie am Cotopari (auf einer Höhe von 13 200 Fuß = 4287 m) und am Rucu-Pichincha bei 14 360 Fuß (4664 m), sparsam, deutliche schwarze Hornblendekristalle gefunden.

[224] (S. 344.) In den Leucitkristallen der Rocca Monfina hat Pilla die Oberfläche mit Wurmröhren (Serpuleae) bedeckt gefunden: was auf eine unterseeische vulkanische Bildung deutet. Ueber das Leucitgestein der Eifel im Trachyt des Burgberges bei Rieden, das von Albano, Lago Bracciano und Borghetto nördlich von Rom s. Kosmos Bd. IV, S. 376, Anm. 51. Im Centrum großer Leucitkristalle hat Leopold von Buch meist das Bruchstück eines Augitkristalls gefunden, um welches sich die Leucitkristallisation gebildet hat, „was, wie schon früher bemerkt, bei der leichten Schmelzbarkeit des Augits und der Unschmelzbarkeit des Leucits sonderbar genug ist. Häufiger noch sind Stücke der Grundmasse selbst des Leucit-Porphyrs als Kern eingeschlossen." Olivin findet sich zugleich in Laven, wie in den Höhlungen der Obsidiane, deren ich aus Mexiko vom Cerro del Jacal mitgebracht habe; und doch zugleich auch im Hypersthenfels von Elfdalen, den man lange für Syenit gehalten. Einen ähnlichen Kontrast in der Natur der Fundörter bietet der Oligoklas dar, welcher in den Trachyten noch entzündeter Vulkane (Pik von Teneriffa und Cotopari), und doch zugleich auch im Granit und Granitit von Schreiberhau und Warmbrunn im schlesischen Riesengebirge vorkommt; nicht so der Leucit in plutonischem Gesteine, denn die Angabe, daß Leucit im Glimmerschiefer und Gneis der Pyrenäen bei Gavarnie eingesprengt gefunden werde (eine Angabe, die selbst Hauy wiederholt hat), ist durch mehrjährige lokale Untersuchungen von Dufrénoy als irrig befunden worden.

[225] (S. 345.) Ich hatte mich auf einer geognostischen Reise,

die ich 1795 durch das südliche Franken, die westliche Schweiz und Oberitalien machte, davon überzeugt, daß der Jurakalkstein, welchen Werner zu seinem Muschelkalk rechnete, eine eigene Formation bildete. In meiner Schrift über die unterirdischen Gasarten, welche mein Bruder Wilhelm von Humboldt 1799 während meines Aufenthaltes in Südamerika herausgab, wird der Formation, die ich vorläufig mit dem Namen Jurakalkstein bezeichnete, zuerst (S. 39) gedacht. Diese Aufstellung der neuen Formation ging sogleich in des Oberbergrats Karsten damals vielgelesene Mineralogische Tabellen über. Ich nannte keine von den Versteinerungen, welche die Juraformation charakterisieren und um die Leopold von Buch (1839) sich unvergeßliche Verdienste erworben hat, irrte auch in dem Alter, das ich der Juraformation zuschrieb, da ich wegen der Nähe der Alpen, die man älter als Zechstein glaubte, sie für älter als Muschelkalk hielt. In den frühesten Tabellen Bucklands über die Superposition of Strata in the British Islands wird Jura Limestone of Humboldt zu Upper Oolite gerechnet.

[226] (S. 345.) Der Name Andesit kommt zuerst gedruckt vor in der am 26. März 1835 in der Berliner Akademie gelesenen Abhandlung Leopolds von Buch. Da dieser große Geognost die Benennung Trachyt auf den Gehalt von glasigem Feldspat beschränkt, so sagt er in seiner im März 1835 gelesenen, aber erst 1836 gedruckten akademischen Abhandlung: „Die Entdeckungen von Gustav Rose über den Feldspat haben über die Vulkane und die ganze Geognosie ein neues Licht verbreitet, und die Gebirgsarten der Vulkane haben dadurch eine neue, ganz unerwartete Ansicht gewonnen. Nach vielen sorgfältigen Untersuchungen in der Gegend von Catanea und am Aetna haben wir, Elie de Beaumont und ich, uns überzeugt, daß Feldspat durchaus gar nicht am Aetna vorkomme, sowie auch gar kein Trachyt. Alle Lavaströme sowie alle Schichten im Inneren des Berges bestehen aus einem Gemenge von Augit und Labrador. Ein anderer wichtiger Unterschied in der Gebirgsart der Vulkane offenbart sich, wenn die Stelle des Feldspats Albit vertritt; es entsteht dann eine neue Gebirgsart, welche nicht mehr Trachyt genannt werden darf. Nach G. Roses (dermaligen) Untersuchungen kann man ziemlich bestimmt versichern, daß kein einziger der fast zahllosen Vulkane der Andes aus Trachyt besteht, sondern daß alle in der sie bildenden Masse Albit enthalten. Eine solche Behauptung scheint sehr kühn, allein sie verliert diesen Schein, wenn wir bedenken, daß wir schon allein durch die Humboldtsche Reise fast die Hälfte dieser Vulkane und ihre Produkte in den beiden Hemisphären kennen gelernt haben. Durch Meyen kennen wir diese albitreiche Gebirgsart in Bolivia und dem nördlichen Chile, durch Pöppig bis zu der südlichsten Grenze desselben Landes, durch Erman in den Vulkanen von Kamtschatka. Ein so weit verbreitetes und so ausgezeichnetes Vorkommen scheint hinreichend den Namen des Andesits zu rechtfertigen,

unter welchem diese, aus vorwaltendem Albit und wenig Hornblende gemengte Gebirgsart schon einigemal aufgeführt worden ist." Fast zu derselben Zeit, in den Zusätzen, mit denen er 1836 die französische Ausgabe seines Werkes über die Kanarischen Inseln so ansehnlich bereicherte, geht Leopold von Buch noch mehr in das Einzelne ein. Die Vulkane Pichincha, Cotopaxi, Tunguragua, Chimborazo sollen alle aus Andesit bestehen, dagegen die mexikanischen Vulkane wahre (sanidinhaltige) Trachyte genannt werden! Die oben gegebene lithologische Klassifikation der mexikanischen und Andesvulkane zeigt, daß von einer solchen Gleichmäßigkeit mineralogischer Konstitution und der Möglichkeit einer allgemeinen, von einem großen Erdstrich hergenommenen Benennung wissenschaftlich keine Rede sein kann. Ein Jahr später, als Leopold von Buch zuerst in Poggendorffs Annalen des viel Verwirrung erregenden Namens Andesit Erwähnung that, habe auch ich das Unrecht begangen, mich desselben zweimal zu bedienen: einmal 1836 in der Beschreibung meines Versuches, den Chimborazo zu besteigen, in Schumachers Jahrbuch für 1837, S. 204 und 205, das zweite Mal 1837 in der Abhandlung über das Hochland von Quito. „Die neueste Zeit hat gelehrt," sagte ich, indem ich mich schon damals der Behauptung meines vieljahrigen Freundes von einer gleichartigen Konstitution aller Andesvulkane streng widersetzte, „daß die verschiedenen Zonen nicht immer dieselbe (mineralogische) Zusammensetzung, dieselben Gemengteile darbieten. Es sind bald eigentliche Trachyte, welche der glasige Feldspat charakterisiert, wie am Pik von Tenerifa und im Siebengebirge bei Bonn, wo sich etwas Albit dem Feldspat beigesellt, Feldspattrachyte, die als thätige Vulkane häufig Obsidian und Bimsstein erzeugen; bald sind es Melaphyre und doleritartige Gemenge von Labrador und Augit, der Basaltformation näher stehend, wie am Aetna, Stromboli und Chimborazo; bald ist Albit mit Hornblende vorherrschend, wie in den neuerlich so genannten Andesiten von Chile und den prächtigen, als Dioritporphyr beschriebenen Säulen von Pisoje bei Popayan, am Fuße des Vulkanes von Puracé oder im mexikanischen Vulkan von Jorullo; bald sind es endlich Leucitophyre, Gemenge von Leucit und Augit, wie in der Somma, der alten Wand des Erhebungskraters des Vesuvs." Durch eine zufällige Mißdeutung dieser Stelle, welche viele Spuren von dem damaligen unvollkommenen Zustande des Wissens an sich trägt (statt Oligoklas wird dem Pik von Tenerifa noch Feldspat, dem Chimborazo noch Labrador, dem Vulkan von Toluca noch Albit zugewiesen), hat der geistreiche Forscher Abich, Chemiker und Geognost zugleich, irrigerweise mir selbst die Erfindung des Namens Andesit als einer trachytischen, weitverbreiteten, albitreichen Gebirgsart zugeschrieben; und eine von ihm zuerst analysierte, noch etwas rätselhafte, neue Feldspatart hat er, „mit Berücksichtigung der Gebirgsart (von Marmato bei Popayan), in der sie zuerst er-

kannt wurde," Andesin genannt. Der Andesin (Pseudoalbit aus dem Andesit) soll zwischen Labrador und Oligoklas in der Mitte stehen; bei 15° R. Temperatur ist sein spezifisches Gewicht 2,733; das des Andesits, in welchem der Andesin vorkam, ist 3,593. Gustav Rose bezweifelt, wie später Charles Deville, die Selbständigkeit des Andesins, da sie nur auf einer einmaligen Analyse Abichs beruht, und weil die von Francis in dem Laboratorium von Heinrich Rose ausgeführte Analyse des feldspatartigen Gemengteiles in dem von mir aus Südamerika mitgebrachten schönen Dioritporphyr von Pisoje bei Popayan mit dem von Abich analysierten Andesin von Marmato zwar große Aehnlichkeit andeutet, aber doch anders zusammengesetzt ist. Noch viel unsicherer ist der sogenannte Andesin aus dem Syenit der Vogesen (von dem Ballon de Servance und von Coravillers, den Delesse zerlegt hat). Es ist nicht unwichtig, hier darauf aufmerksam zu machen, daß der Name Andesin, von Abich als der eines einfachen Minerales aufgeführt, zuerst in dessen reichhaltiger Abhandlung, Beitrag zur Kenntnis des Feldspats erscheint, also im Jahre 1840, wenigstens fünf Jahre nach der Benennung der Gebirgsart Andesit; und keineswegs umgekehrt älter ist als der der Gebirgsart, wie bisweilen irrig behauptet wird. In den Formationen von Chile, welche Darwin so oft albitreichen andesitic granite und andesitic porphyre nennt, mögen auch wohl Oliogoklase enthalten sein. Gustav Rose, dessen Abhandlung Ueber die Nomenklatur der mit dem Grünsteine und Grünsteinporphyr verwandten Gebirgsarten in demselben Jahre 1835 erschien, in welchem Leopold von Buch den Namen Andesit gebrauchte, hat sich weder in der eben genannten Abhandlung noch je später dieses Namens bedient, dessen Definition nach der jetzt erkannten Natur der Gemengteile nicht Albit mit Hornblende, sondern in den Kordilleren von Südamerika Oligoklas mit Augit heißen müßte. Die nun schon veraltete Mythe des Andesits, welche ich hier nur zu umständlich behandelt habe, lehrt aufs neue, wie viele andere Beispiele aus der Entwicklungsgeschichte unseres physikalischen Wissens, daß irrige oder nicht genugsam begründete Behauptungen (z. B. der Hang, Varietäten als Arten aufzuzählen) den beschreibenden Wissenschaften oft dadurch förderlich werden, daß sie zu genaueren Beobachtungen anregen.

[227] (S. 346.) Schon 1840 beschrieb Abich Oligoklastrachyte aus dem Gipfelgestein des Kasbek und einem Teile des Ararats; auch 1835 äußerte Gustav Rose mit Vorsicht, „daß er bis dahin bei seinen Bestimmungen nicht auf den Oligoklas und Periklin Rücksicht genommen habe, die doch wahrscheinlich ebenfalls als Gemengteil vorkommen". Der ehemals viel verbreitete Glaube, daß ein bestimmtes Vorherrschen des Augits oder der Hornblende auch auf eine bestimmte Spezies aus der Feldspatreihe, auf glasigen Orthoklas (Sanidin), auf Labrador oder Oligoklas, schließen lasse,

scheint sehr erschüttert durch Vergleichung der des Chimborazo- und Tolucagesteines, von Trachyten der 4. und 3. Abteilung. In der Basaltformation kommen oft Hornblende und Augit gleich häufig vor; das ist keineswegs der Fall bei den Trachyten, aber sehr vereinzelt habe ich Augitkristalle in Tolucagestein, einige Hornblendekristalle in Teilen des Chimborazo-, Pichincha-, Puracé- und Tenerifagesteines gefunden. Olivine, die so überselten in den Basalten fehlen, sind in Trachyten eben so eine große Seltenheit, als sie es in den Phonolithen sind, und doch sehen wir bisweilen in einzelnen Lavaströmen sich Olivine neben Augiten in Menge bilden. Glimmer ist im ganzen sehr ungewöhnlich im Basalt, und doch enthalten einzelne Basaltkuppen des, von Reuß, Freiesleben und mir zuerst beschriebenen, böhmischen Mittelgebirges ihn in Menge. Die ungewöhnliche Vereinzelung gewisser Mineralkörper und die Gründe ihrer gesetzlichen spezifischen Geselligkeit hängen wahrscheinlich von vielen noch nicht ergründeten Ursachen des Druckes, der Temperatur, der Dünnflüssigkeit, der Schnelligkeit der Erkaltung zugleich ab. Die spezifischen Unterschiede der Association sind aber in den gemengten Gebirgsarten wie in den Gangmassen von großer Wichtigkeit, und in geognostischen Beschreibungen, welche in der freien Natur, im Angesicht des Gegenstandes haben entworfen werden können, muß man nicht verwechseln, was ein vorherrschendes oder wenigstens ein sehr selten fehlendes, was ein sich nur sparsam, wie zufällig zeigendes Glied der Association ist. Die Verschiedenheit, die in den Elementen eines Gemenges, z. B. in den Trachyten, herrscht, wiederholt sich, wie ich bereits oben erinnert habe, auch in den Gebirgsarten selbst. Es gibt in beiden Kontinenten große Länder, in denen Trachyt- und Basaltformationen sich gleichsam abstoßen, wie Basalte und Phonolithe, andere Länder, in welchen Trachyte und Basalte in beträchtlicher Nähe miteinander abwechseln.

[228] (S. 347.) Es ist die Erinnerung wohl fast überflüssig, daß der Ausdruck fehlen nur andeutet, daß bei der Durchforschung eines freilich nicht unbeträchtlichen Teiles von Vulkanen großen Umfanges eine Mineralspezies vergeblich gesucht worden ist. Ich unterscheide zwischen fehlen (nicht gefunden sein), sehr seltener Einmengung, und häufiger, aber doch nicht normal charakterisierender.

[229] (S. 347.) Glimmerreicher Basalt, wie an der Gamayer Kuppe im böhmischen Mittelgebirge, ist eine Seltenheit. Ich habe diesen Teil des böhmischen Mittelgebirges im Sommer 1792 gemeinschaftlich mit Karl Freiesleben, meinem nachmaligen Schweizer Reisebegleiter, der einen so wesentlichen Einfluß auf meine geognostische und bergmännische Ausbildung gehabt hat, besucht. Bischof bezweifelt jede Entstehung des Glimmers auf pyrogenem Wege, und hält ihn für ein Umwandlungsprodukt auf nassem Wege.

[230] (S. 348.) Die Porphyre von Moran, Real del Monte und Regla (letztere berühmt durch den ungeheuren Silberreichtum der Veta Biscayna, und die Nähe der Obsidiane und Perlsteine des

Cerro del Jacal und Messerberges, Cerro de las Navajas) sind, wie fast alle metallreichen Porphyre von Amerika, ganz quarzfrei; aber die Porphyre von Acaguisotla, auf dem Wege von Acapulco nach Chilpanzingo, wie die von Villalpando nördlich von Guanaxuato, welche von goldführenden Gängen durchsetzt werden, enthalten neben dem Sanidin auch Körner von bräunlichem Quarze. — Da am Cerro de las Navajas und in dem basalt- und perlsteinreichen Valle de Santiago, das man durchstreicht, um von Valladolid nach dem Vulkan von Jorullo zu gelangen, die kleinen Einschlüsse von Obsidiankörnern und glasigem Feldspat in den vulkanischen Gebirgsarten im ganzen selten sind, so war ich um so mehr verwundert, als ich zwischen Capula und Patzcuaro, vorzüglich bei Yurisapundaro, alle Ameisenhaufen mit schön glänzenden Körnern von Obsidian und Sanidin erfüllt fand. Es war im Monat September 1803. Ich war verwundert, wie so kleine Insekten solche Mineralspezies aus weiter Ferne forttragen konnten. Mit lebhafter Freude habe ich gesehen, daß ein rastloser Forscher, Herr Jules Marcou, etwas ganz Aehnliches aufgefunden hat. „Il existe," sagt dieser, „sur les hauts plateanx des Montagnes Rocheuses, surtout aux environs du fort *Défiance* (à l'ouest du Mont Taylor), une espèce de fourmis qui, au lieu de se servir de fragments de bois et de débris de végétaux pour élever son édifice, n'emploie que de petites pierres de la grosseur d'un grain de maïs. Son instinct la porte à choisir les fragments de pierres les plus brillants; aussi la fourmilière est-elle souvent remplie de grenats transparents magnifiques et de grains de quarz très limpides."

In den jetzigen Vesuvlaven ist glasiger Feldspat sehr selten; nicht so in den alten Laven, z. B. in denen des Ausbruches von 1631, neben Leucitkristallen. Sehr häufig ist auch Sanidin zu finden im Arsostrom von Cremate auf Ischia vom Jahre 1301, ohne allen Leucit, nicht mit dem älteren, von Strabo beschriebenen (bei Montagnone und Rotaro) zu verwechseln. So wenig glasiger Feldspat in den Trachyten des Cotopaxi oder anderer Vulkane der Kordilleren überhaupt zu finden ist, ebensowenig erscheint er in den unterirdischen Bimssteinbrüchen am Fuße des Cotopaxi. Was man darin ehemals als Sanidin beschrieben hat, sind Kristalle von Oligoklas.

[231] (S. 349.) Die neueren Vesuvlaven enthalten keinen Olivin, ebensowenig glasigen Feldspat. Der Lavastrom des Piks von Tenerifa von 1704, den Viera und Glas beschrieben haben, ist nach Leopold von Buch der einzige, welcher Olivin enthält. Die Behauptung aber, als sei der Ausbruch von 1704 der erste, welcher seit der Zeit der Eroberung (Conquista) der Kanarischen Inseln am Ende des 15. Jahrhunderts stattgefunden habe, ist von mir an einem anderen Orte als irrig erwiesen worden. Kolumbus sah auf seiner ersten Entdeckungsreise in den Nächten vom 21. bis 25 August,

als er Doña Beatriz de Bobadilla auf der Gran Canaria aufsuchen wollte, den Feuerausbruch auf Tenerifa. Es heißt im Tagebuche des Admirals unter der Rubrik Jueves 9 de Agosto, welche Nachrichten bis 2. September enthält: Vieron salir gran fuego de la Sierra de la Isla de Tenerife, que es muy alta en gran manera;“ Navarrete, colecc. de los Viages de los Españoles T. I. p. 5. Die eben genannte Dame ist nicht zu verwechseln mit Doña Beatriz Henriquez aus Cordova, der unehelichen Mutter des gelehrten Don Fernando Colon, des Geschichtschreibers des Vaters, deren Schwangerschaft im Jahr 1488 so wesentlich dazu beitrug, den Kolumbus in Spanien zurückzuhalten, und zu veranlassen, daß die Neue Welt für Kastilien und Leon (und nicht für Portugal, Frankreich oder England) entdeckt wurde.

[232] (S. 349.) Ein wichtiger Teil der während meiner amerikanischen Expedition gesammelten Gebirgsarten ist an das spanische Mineralienkabinett, an den König von Hetrurien, nach England und Frankreich gesandt worden. Ich erwähne nicht der geologischen und botanischen Sammlungen, die mein edler Freund und Mitarbeiter Bonpland besitzt, mit dem zweifach geheiligten Rechte des Selbstsammelns und Selbstentdeckens. Eine so weite Verbreitung des Gesammelten, welche durch sehr genaue Angabe der Geburtsörter das Zusammenhalten der Gruppen in geographischer Beziehung nicht ausschließt, gewährt den Vorteil, daß sie die vielseitigste und strenge Bestimmung der Mineralspezies erleichtert, deren wesentliche und habituelle Association die Gebirgsarten charakterisiert.

[233] (S. 350.) Auch im Tezontle (zelliger Lava oder basaltischem Mandelstein? — mexikanisch tetzontli, d. h. Steinhaar, von tetl Stein und tzontli Haar) des cerro des Axusco in Mexiko habe ich viel Olivin gefunden.

[234] (S. 350.) Auch in den Kalkblöcken der Somma kommt nach Scacchi Olivin neben Glimmer und Augit vor. Ich nenne diese merkwürdigen Massen ausgestoßene Blöcke, nicht Laven, welche letztere die Somma wohl nie selbst ergossen hat.

[235] (S. 351.) Scacchi, Osservazioni critiche sulla maniera come fu seppellita l'antica Pompei 1843, p. 10, gegen die von Carmine Lippi aufgestellte, später von Tondi, Tenore, Pilla und Dufrénoy verteidigte Ansicht, daß Pompeji und Herculanum nicht durch die direkt von der Somma ausgeworfenen Rapilli und Aschen, sondern durch Wasserströmungen verdeckt worden seien.

[236] (S. 352.) Ueber den Bimssteinhügel von Tollo, der noch zwei Tagereisen vom thätigen Vulkan Maypu entfernt ist, welcher selbst nie einen Brocken solchen Bimssteins ausgeworfen hat, siehe Meyen, Reise um die Erde T. I, S. 338 und 358.

[237] (S. 353.) Theophrastus sagt dies vom „liparischen Stein (Λιπαραῖος)“.

Berichtigungen und Zusätze.

S. 24 Z. 12.

Ein noch weit größeres Resultat für die Dichte der Erde, als Baily (1842) und Reich (1847—1850) erhalten haben, ergeben Airys mit so musterhafter Vorsicht in den Bergwerken von Harton angestellte Pendelversuche im Jahre 1854. Nach diesen Pendelversuchen ist die Dichte 6,566, mit dem wahrscheinlichen Fehler 0,182 (Airy in den Philos. Transat. for 1856, p. 342). Eine kleine Modifikation dieses numerischen Wertes, vom Prof. Stockes hinzugefügt wegen des Effektes der Rotation und Elliptizität der Erde, verändert die Dichtigkeit für Harton, das in 54° 48′ nördlicher Breite liegt, in 6,565; für den Aequator in 6,489.

S. 56 Z. 16.

Arago hat einen Schatz magnetischer Beobachtungen (über 52600 an Zahl) aus den Jahren 1818 bis 1835 hinterlassen, welche nach der mühevollen Redaktion von Herrn Fedor Thoman publiziert worden sind in den Oeuvres complètes de François Arago (Tome IV, p. 498). In diesen Beobachtungen hat General Sabine (Meteorological Essays, London 1855, p. 350) für die Jahresfolge von 1821 bis 1830 die vollständigste Bestätigung der zehnjährigen magnetischen Deklinationsperiode und ihres Zusammenhanges mit der gleichen Periode in der Häufigkeit und Seltenheit der Sonnenflecken entdeckt. Schon in demselben Jahre 1850, als Schwabe in Dessau seine Periode der Sonnenflecken veröffentlichte (Kosmos Bd. III, S. 284), ja zwei Jahre früher als Sabine zuerst (im März 1852: Phil. Tr. for 1852, P. I, p. 116—121, Kosmos Bd. IV, S. 128) die zehnjährige magnetische Deklinationsperiode für von den Sonnenflecken abhängig erklärte, hatte letzterer selbst schon das wichtige Resultat aufgefunden, daß die Sonne durch die ihrer Masse eigene magnetische Kraft auf den Erdmagnetismus wirkt. Er hatte entdeckt (Phil. Tr. for 1850, P. I, p. 216, Kosmos Bd. IV, S. 98), daß die magnetische Intensität am größten ist und daß die Nadel sich am meisten der vertikalen Richtung nähert, wenn die Erde der Sonne am nächsten steht. Die Kenntnis von einer solchen magnetischen Einwirkung des Centralkörpers unseres Planetensystemes, nicht als Wärme erzeugend, sondern durch seine eigene magnetische Kraft, wie durch

Veränderungen in der Photosphäre (Größe und Frequenz trichterförmiger Oeffnungen), gibt dem Studium des Erdmagnetismus und dem Netze magnetischer Warten, mit denen (Kosmos Bd. I, S. 302, Bd. IV, S. 54) Rußland und Nordasien seit den Beschlüssen von 1819, die großbritannischen Kolonieen seit 1840 bis 1850 bedeckt sind, ein höheres kosmisches Interesse.

S. 62 Z. 1.

Wenn auch die Nähe des Mondes im Vergleich mit der Sonne die Kleinheit seiner Masse nicht zu kompensieren scheint, so regt doch die schon als sicher ergründete Veränderung der magnetischen Deklination im Verlauf eines Mondtages, lunar-diurnal magnetic variation (Sabine im Report to the Brit. Association at Liverpool 1854, p. 11 und für Hobarton in den Phil. Tr. for 1857, Art. I, p. 6), dazu an, die magnetischen Einflüsse des Erdsatelliten anhaltend zu erspähen. Kreil hat das große Verdienst gehabt, diese Beschäftigung von 1839 bis 1852 mit vieler Sorgfalt fortzusetzen. Da seine mehrjährigen, zu Mailand und Prag angestellten Beobachtungen die Behauptung unterstützten, daß beide, der Mond wie die Sonnenflecken, eine zehnjährige Deklinationsperiode verursachen, so veranlaßte diese wichtige Behauptung den General Sabine zu einer großen Arbeit. Er fand, daß der schon für Toronto in Kanada bei Anwendung einer eigentümlichen, sehr genauen Rechnungsform ergründete alleinige Einfluß der Sonne auf eine zehnjährige Periode sich in allen drei Elementen des Erdmagnetismus durch den Reichtum von achtjährigen stündlichen Beobachtungen, zu Hobarton vom Januar 1841 bis Dezember 1848 angestellt, wiedererkennen lasse. Beide Hemisphären gaben so dasselbe Resultat für die Wirkung der Sonne, sowie zugleich aber auch die Gewißheit: „that the lunar-diurnal variation corresponding to different years shows no conformity to the inequality manifested in those of the solar-diurnal variation. The earth's inductive action, reflected from the moon, must be of a very little amount." (Sabine in den Phil. Tr. for 1857, Art. I, p. 7 und in den Proceedings of the Royal Soc., Vol. VIII, Nr. 20, p. 404.) Da der magnetische Teil dieses Bandes vor fast drei Jahren gedruckt worden ist, so schien es für diesen, mir so lange befreundeten Gegenstand besonders notwendig, ihn durch einige Nachträge zu ergänzen.

Fragmente.

Aus dem fünften Bande der Oktavausgabe.

Fortsetzung

der

speziellen Ergebnisse der Beobachtung

in dem Gebiete

tellurischer Erscheinungen.

Einleitung.

Der fünfte und letzte Band des Kosmos, für welchen ich diese Einleitung bestimme, beschließt die Darstellung der tellurischen Erscheinungen in ihrer reinsten Objektivität. Er bildet samt dem vierten Bande, als dessen Fortsetzung er zu betrachten ist, nach dem ursprünglichen Plan meines Werkes gewissermaßen ein abgerundetes Ganzes, das, was man gewöhnlich die physische Erdbeschreibung zu nennen pflegt. Es war lange mein Wunsch, diesen fünften Band als eine zweite Abteilung des vierten und mit der ersten Abteilung zugleich erscheinen zu lassen, als Gegenstück des alleinigen dritten, uranologischen Bandes, aber die durch die Erfüllung dieses Wunsches verursachte noch unerfreulichere Verzögerung der Publikation mußte als ein Hindernis auftreten.

Wenn in dem astronomischen Bande die sich gegenseitig störenden und wieder ausgleichenden Bewegungen der Weltkörper und (den Kontakt der in unserem Planetensysteme kreisenden Meteorasteroiden abgerechnet) für unsere Wahrnehmung nur die Thätigkeit gleichartiger Materien zu schildern ist, so offenbart dagegen der irdische Teil des Kosmos, neben den dynamischen Wirkungen bewegender Kräfte,

den mächtigen und wundersam zusammengesetzten Einfluß spezifischer Stoffverschiedenheit. In dem hier berührten Unterschiede von Komplikation und relativer Fülle des zu behandelnden Materiales liegt zum Teil die Ursache (ich wage nicht zu sagen, die Rechtfertigung) des so überaus großen Zwischenraumes in der Zeit des Erscheinens der einzelnen Bände. Der Hauptgrund wachsender Zögerung liegt aber in der Abnahme der Lebenskräfte eines fast neunzigjährigen Greises, wenn bei gleichbleibender nächtlicher Arbeitsamkeit weniger und mit minder heiterer Zuversicht gefördert werden kann. So sind seit der Zeit, welche ich in der Vorrede zum ersten Bande des Kosmos „den späten Abend eines vielbewegten Lebens" nannte, bereits mehr als zwölf Jahre verflossen.

Als Descartes an seinem Kosmos, Le Traité du Monde, arbeitete, welche die „ganze Welt der Erscheinungen (die himmlische Sphäre, wie alles, was er von der belebten und unbelebten Natur wußte)" umfassen sollte, brach er häufig in den Briefen an seinen Freund, den Pater Mersenne, die Baillet 1691 bekannt gemacht hat, in bittere Klagen aus über das langsame Fortschreiten seiner Arbeit und die große Schwierigkeit, so viele Gegenstände aneinander zu reihen (Oeuvres de Descartes, publiées par Victor Cousin 1824, T. I, p. 101). Wie viel bitterer würden die Klagen des so vielseitig, selbst anatomisch, unterrichteten Philosophen gewesen sein, wenn er die Mitte des 19. Jahrhunderts, den fast entmutigenden Anblick der erweiterten Sphären reich erfüllter Himmels- und Erdräume hätte erleben können! Noch vor zehn Jahren lebte ich, wie mein Kosmos am Ende des zweiten Bandes es bezeugt, in der täuschenden Hoffnung, die Hauptergebnisse spezieller Beobachtung, welche jetzt drei Bände füllen werden, in einen einzigen letzten Band vereinigen zu können. Es gelingt leichter, wenn man einige Anmut der Form bewahren will, ein allgemeines Weltgemälde innerhalb vorerkannter Grenzen zu entwerfen, als, in verschiedenartige Gruppen verteilt, die einzelnen Elemente zu beleuchten, auf welche man vorzugsweise zu einer bestimmten Zeitepoche unserer wissenschaftlichen Erkenntnis die Resultate gegründet glaubt.

Bei der Vollendung einer wenigstens mit andauerndem Fleiße durchgeführten Arbeit ist es dem Verfasser wohl erlaubt, noch einmal die Frage zu berühren, ob sein Buch vom Kosmos dem ursprünglich vorgeschriebenen Plane, ich möchte sagen der Beschränktheit treu geblieben ist, welche ihm

nach seiner individuellen Ansicht, nach seiner Kenntnis von dem bisherigen Zustande des errungenen Wissens ratsam schien. Ich habe in dem Buche erstrebt: eine denkende Betrachtung der durch die Empirie[1] gegebenen Erscheinungen, die Zusammenstellung des Entwickelungsfähigen zu einem Naturganzen. Die Verallgemeinerung der Ansichten von den Uebergängen der realen, ununterbrochen thätigen Naturprozesse ineinander (eines der herrlichsten Ergebnisse unseres Zeitalters!) führt zur Erforschung von Gesetzen, da, wo sie zu erkennen oder wenigstens zu erahnen sind. Klarheit und Lebendigkeit der Sprache, in der objektiven Darstellung der Erscheinungen wie in dem Reflex der äußeren Natur auf das geistige Leben im Kosmos, auf die Gedanken- und die Gefühlswelt gehören zu den notwendigen Bedingnissen einer solchen, ich darf wohl sagen noch nie ausgeführten Komposition Die Aufzählung meiner Bestrebungen gibt ihrem Wesen nach unvermeidlich Veranlassung, an die Beziehungen zu mahnen, in welchen das von mir Versuchte zu den Wagnissen einer metaphysischen Naturwissenschaft, zu dem steht, was tiefe Denker Naturphilosophie im Gegensatz der Philosophie des Geistes nennen. Ich habe schon früher freimütig und in Widerspruch mit mehreren von mir hochgeachteten vaterländischen Freunden erklärt, daß, trotz meiner großen Neigung zu Verallgemeinerungen, mir die Aufstellung einer rationellen Wissenschaft der Natur (eine dergestalt ausgebildete Naturphilosophie, daß sie ihrem Versprechen gemäß ein vernunftmäßiges Begreifen der Erscheinungen des Weltalls sei) ein bisher unerreichbares Unternehmen scheine. Wie vieles von der sinnlichen Wahrnehmung Erkanntes bleibt noch einer mathematischen Gedankenentwickelung fremd! Die scheinbar allen Gesetzen entzogene Reihung in der Größe, der Dichtigkeit, Achsenstellung und Bahnexzentrizität der Planeten und Satelliten, die Gestaltung der Kontinente in Küstenform und Bodenerhöhung sind wahrscheinlich Resultate sehr spät eingetretener kosmischer Begebenheiten, wie das in unseren Tagen (Dezember 1845) erfolgte Ereignis der permanenten Teilung des Bielaschen Kometen. Dazu kennen wir bei weitem nicht alle Stoffe und alle Kräfte (Thätigkeiten) der Natur, und die Unbegrenztheit der Beobachtungssphäre, welche durch neuerfundene Mittel (Werkzeuge) der Beobachtung täglich erweitert wird, ja die Unvollendbarkeit des Erkennens für jeden einzelnen Zeitpunkt der Spekulation machen

gewissermaßen die Aufgabe einer theoretischen Naturphilosophie zu einer unbestimmten.

Naturbeschreibung führt jetzt nur in einzelnen Gruppen der Erscheinungen zu einer Naturerklärung.[2] Das emsigste Bestreben der Forschung (ich wiederhole es hier) muß auf die Bedingungen gerichtet sein, unter denen die realen Prozesse in dem großen und verwickelten Gemeinwesen, welches wir Natur und Welt nennen, erfolgen, auf die Gesetze, die man in einzelnen Gruppen mit Gewißheit erkannt. Von den Gesetzen gelingt es aber nicht immer zu den Ursachen selbst aufzusteigen. Das Erforschen eines partiellen Kausalzusammenhanges und die allmähliche Zunahme der Verallgemeinerungen in unserer physischen Erkenntnis sind für jetzt die höchsten Zwecke der kosmischen Arbeiten.

Schon in der hellenischen Ideenwelt boten dem Scharfsinn des mächtigen Heraklits von Ephesus,[3] des Empedokles[4] und des Klazomeniers[5] spezifische Stoffverschiedenheit und Stoffwechsel (Uebergang der Elemente ineinander) unbezwingbare Probleme dar, wie zu unserer Zeit die Stoffverschiedenheit der zahlreichen sogenannten einfachen Körper der Chemiker und die Allotropien der Kohle (mit Diamant und Graphit), des Phosphors und des Schwefels. Wenn ich die Unbestimmtheit und Schwierigkeit der Aufgabe einer theoretischen Naturphilosophie lebhaft geschildert habe, so bin ich doch weit entfernt, von dem Versuche des einstmaligen Gelingens in diesem edlen und wichtigen Teile der Gedankenwelt abzuraten. Die metaphysischen Anfangsgründe der Naturwissenschaft des unsterblichen Philosophen von Königsberg gehören allerdings zu den merkwürdigsten Erzeugnissen dieses großen Geistes. Er schien seinen Plan selbst beschränken zu wollen, als er in einem Vorworte äußerte, „daß metaphysische Naturwissenschaft nicht weiter lange, als wo Mathematik mit metaphysischen Sätzen verbunden werden könne." Ein mir lange befreundeter, den Kantschen Ansichten leidenschaftlich zugethaner Denker, Jakob Friedrich Fries, glaubt am Schluß seiner Geschichte der Philosophie erklären zu müssen: „daß von den bewundernswürdigen Fortschritten, welche die Naturlehre bis zum Jahre 1840 gemacht, alles der Beobachtung und der Kunst der Geometrie, der Kunst mathematischer Analysis angehöre; die Naturphilosophie habe bei diesen Entdeckungen gar nichts gefördert." Möge ein Zeugnis bisheriger Unfruchtbarkeit

nicht alle Hoffnung auf die Zukunft vernichten! denn es geziemt nicht dem freien Geiste unserer Zeit, jeden zugleich auf Induktion und Analogieen gegründeten philosophischen Versuch, tiefer in die Verkettung der Naturerscheinungen einzudringen, als bodenlose Hypothese zu verwerfen, und unter den edlen Anlagen, mit welchen die Natur den Menschen ausgestattet hat, bald die nach dem Kausalzusammenhang grübelnde Vernunft, bald die regsame, zu allem Entdecken und Schaffen notwendige und anregende Einbildungskraft zu verdammen.[6]

Ich meinesteils glaube geleistet zu haben, was ich nach der Natur meiner Neigungen und nach dem Maß meiner Kräfte zu unternehmen mir vorsetzen konnte. Ich wünschte ein Werk zu liefern nach dem großen Vorbilde der Exposition du Système du Monde von Laplace, in dessen anregender Nähe ich in Arcueil und im Bureau des Longitudes auf der Pariser Sternwarte, mit Gay-Lussac und Arago, über zwanzig Jahre das Glück hatte zu verleben. Wenn wir schon in der Mechanik des Himmels, trotz der Einfachheit der wirkenden Kräfte, in vielen Zuständen des Seins der Weltkörper nicht auch ihr Gewordensein erkennen, wenn selbst in den numerischen Verhältnissen der Planetenabstände untereinander, ihrer Massen- und Größenfolge, in der Neigung ihrer Achsen, wie in der Form der Sternhaufen und Nebelflecken sich fast alles bisher der mathematischen Gedankenentwickelung entzieht (vielleicht weil, wie ich bereits erinnert, diese Verhältnisse Folgen sehr verschiedenartiger, partieller Himmelsbegebenheiten sind), so konnte in der terrestrischen Zone, wo die Stoffverschiedenheit thätig auftritt und die Probleme verwickelt, wohl nicht die Hoffnung entstehen, daß die Weltbeschreibung zugleich eine Welterklärung sein würde. Selbst Platons geistige, verallgemeinernde Macht würde da nicht hinreichen,[7] wo in jedem Zeitpunkt dem Versuche einer Lösung, bei jeder erhöhten Stufe des Wissens, noch die Ueberzeugung mangelt, die Bedingungen alle zu kennen, unter denen die Erscheinungen sich zeigen, die Stoffe alle, deren thätige Kräfte sich so geheimnisvoll äußern. Ich habe nicht unterlassen wollen, den wichtigsten aller Vorwürfe, welche gegen die wissenschaftliche und litterarische Komposition meines Kosmos gerichtet worden sind, frei selbst zu berühren. Eine solche erneuerte Rechtfertigung war mir geboten durch meine Verpflichtung gegen das Publikum, welches

nun schon seit mehr als einem halben Jahrhundert meinen Arbeiten eine anregende Aufmerksamkeit geschenkt hat.

Mein Zweck war, in einzelnen großen Gruppen der realen Naturprozesse Gesetze und unverkennbare Beweise eines Kausalzusammenhanges aufzusuchen. Die Zahl und die Wichtigkeit dieser einzelnen Gruppen hat sich seit einem halben Jahrhundert mit wachsender Schnelligkeit auf das glücklichste vermehrt. Beispiele aus weit voneinander getrennten Gebieten sind hier mit wenigen Zügen zu bezeichnen. Seit der ersten Einsicht, welche Huygens und Newton, Grimaldi und Robert Hooke von dem Kausalzusammenhange der Doppelbrechung und Interferenz erlangt hatten, waren, ohne namhafte Erweiterung der theoretischen Optik, hundert und dreißig Jahre vergangen, bis Thomas Young, Malus, Arago und Fresnel die glänzendsten Entdeckungen über die wahre Natur der Interferenz bei Kreuzung von Lichtstrahlen und Verschiedenheit der von ihnen durchlaufenen Wege sowohl bei gewöhnlichem als bei polarisiertem Licht, über die Polarisation durch Reflexion, Refraktion und Doppelbrechung, sowie über chromatische und kreisförmige Polarisation bekannt machten. (Oeuvres de Fr. Arago T. VII, p. 307, 344 bis 369, 375 bis 392.) Diese Entdeckungen und die schönen durch Arago veranlaßten Arbeiten von Fizeau und Foucault (1849 und 1850) haben den Ungrund der Vorstellung von der Materialität des Lichtes erwiesen, und durch die Annahme sich fortpflanzender Aetherschwingungen sind die verwickeltsten optischen Erscheinungen den mathematischen Gedankenverbindungen (der höheren Analyse) in fruchtbarem, auch die Meteorologie und einige Teile der physischen Sternkunde aufklärenden Zusammenhange zugänglich geworden. (Arago in den Comptes rendus de l'Acad. des Sc. T. VII, 1838, p. 956.)

In der Physik wie in der theoretischen Chemie sind gruppenweise wichtige Verallgemeinerungen dargeboten worden durch Auffindung des Gesetzes, welches die spezifische Wärme der einfachen und zusammengesetzten Körper mit ihrem Atomgewichte in dem Sinne der bequemen und weit verbreiteten Bildersprache der Atomistik verknüpft; durch die Einsicht in die kristallographischen Verhältnisse des Isomorphismus und die stöchiometrische Lehre von den chemischen Aequivalenten, derzufolge sich die wägbaren Stoffe nach bestimmten Verhältniszahlen vereinigen. Die von Prout

aufgeworfene Frage, ob die Atomgewichte aller Elementarstoffe (Chlor und vielleicht Kupfer ausgenommen) teilbar durch das Atomgewicht eines einzigen (des Hydrogens?) sind, ist mit großem Scharfsinn erneuert worden. Die katalytische Kraft, nach der gewisse Körper in Berührung mit anderen eine geheimnisvolle chemische Wirksamkeit ausüben, ohne daß die veranlassenden Körper irgend eine Veränderung erleiden, ist eine erkannte, aber in Dunkel gehüllte, noch unerklärte Kraft, welche nach Berzelius sich auch in den verwickelten Prozessen des organischen Lebens mannigfach äußert.

In dem neu eroberten Gebiete des Elektromagnetismus sind vorzugsweise zu nennen, als den Horizont erweiternd und Wichtigeres noch als das schon Geleistete verheißend: die wahre Einsicht in die Vorgänge der Induktion, der so spezifisch verschiedene Einfluß heterogener Stoffe auf die Richtung der Magnetnadel, der sie genähert werden, paramagnetisch wirkend, wie Eisen, Kobalt, Nickel und Sauerstoff, letzterer gasförmig und sogar im sehr verdünnten Zustande, während daß Stickgas selbst nach Plücker weder paramagnetisch noch diamagnetisch, sondern indifferent ist, die schöne Entdeckung, nach welcher die Kristalle durch die Pole eines Magnetes in gewissen Richtungen abgestoßen oder angezogen werden, endlich die erlangte Gewißheit, daß nicht bloß die Periodizität der Sonnenflecken (Größe und Frequenz der trichterförmigen Oeffnungen in der Photosphäre, welche der Aequatorial- und Polargegend fehlen), sondern auch die Nähe der Sonne durch die ihrer Masse inwohnende magnetische Kraft auf den Erdmagnetismus wirke. Die Intensität ist größer und die Nadel nähert sich am meisten der vertikalen Richtung, wenn im Winter die nördliche Hemisphäre der Erde der Sonne am nächsten steht. Diese erst in den letzten Jahren aufgefundene Thatsache eines unzweifelhaften Zusammenhanges des Magnetismus unseres Planeten mit der mächtigen Magnetkraft des fernen Centralkörpers unseres Systemes gibt einer wichtigen Gruppe irdischer Erscheinungen im weitesten Wortsinne einen kosmischen Charakter.

Wenn wir soeben einen elektrochemischen Prozeß berührt haben, der wie ein perpetuierliches Gewitter in dem Sonnenkörper Licht und Wärme erregend, vorzugehen scheint, so müssen wir auch der neuen wichtigen Ansicht gedenken, welche eine allverbreitete Thätigkeit der Materie, die Wärme, betrifft, möge dieselbe von außen mitgeteilt, oder

durch Stoß, Reibung, Volumveränderung und chemische Einwirkungen hervorgerufen werden. Ich meine die vielartig und mit großem Aufwand von Scharfsinn entwickelte mechanische Wärmetheorie, das so lebendig gewordene Bestreben, alle Wirkungen der Wärme und der Elektrizität auf den Begriff der Bewegung zurückzuführen. Jede Erwärmung eines Körpers entspricht der Erzeugung einer mechanischen Kraft, einer gewissen meßbaren Arbeit. Jede Wärmemenge hat ihr Arbeitsäquivalent, so daß es im allgemeinen wenigem Zweifel zu unterliegen schiene, daß Wärme sich in Arbeit, d. h. in eine mechanische Wirkung, umwandeln, und umgekehrt, daß mechanische Arbeit als Wärme auftreten kann, aber im einzelnen bleibt bisweilen das Zurückführen aller Temperaturerscheinungen (der Wärmemitteilung, der latenten und der spezifischen Wärme) vielen etwas willkürlichen Annahmen ausgesetzt, selbst wenn wir auch, ohne das Carnotsche Prinzip von der Erhaltung der lebendigen Kraft zu umgehen, um das in Frage stehende Problem einer mathematischen Gedankenverbindung unterwerfen zu können, uns mit allen Mythen der Atomistik versöhnen, und für wahr halten, daß alle Körper neben der ponderablen Materie noch schwingenden, alles durchdringenden, alles erfüllenden Aether von äußerst geringer Dichtigkeit enthalten. Wir bezeichnen hier bloß die Klippen, denn es ist nicht alles zu verneinen, was man noch nicht zu erklären vermag.

Wenn wir in diesem Werke vom Kosmos, trotz der Aussichten, die sich in jedem Jahrhundert in vielen Regionen des Naturwissens fortschreitend eröffnet haben, oft von der Nichterfüllung naher Hoffnungen, von dem Nichtgelingen einer generellen Zurückführung der physikalischen Erkenntnis auf eng verkettete Prinzipien der theoretischen Naturphilosophie reden, so befürchten wir darum keinesweges, daß durch unsere Schuld die Lebendigkeit des Forschens nach Gesetzen, das Streben nach Kausalität, welches ein tiefes und unwiderstehliches Bedürfnis des menschlichen Geistes ist, sich mindern werde. Es ist geglückt, durch Kombination des Beobachteten in der Auflagerung und Durchbrechung der Gebirgsschichten der festen Erdrinde, in der Reihenfolge untergegangener Organismen, welche diese Schichten erkennbar einschließen, chronometrische Denkmäler von dem Alter der Entstehung und Hebung aufzufinden. Die dynamischen Wirkungen der Erdbeben, die Thermalquellen, mit so mannigfaltigen Stoffen geschwängert,

die Schlammausbrüche der Salsen und die Vulkane selbst verschiedener Zeitepochen, durch Erdspalten oder durch eigene Gerüste wirkend, haben in ihrem inneren Zusammenhange als eine Reaktion des Inneren unseres Planeten gegen seine Oberfläche geschildert werden können. Wir geraten dadurch in Versuchung, zu glauben, es seien uns aus alten Geschichtsbüchern über die Bildung des Erdkörpers einige Seiten lesbar geworden, und fahren, solange dem freien Gedanken seine Berechtigung wird, um so froheren Mutes fort in dem Bestreben, die Veränderungen der Materie, soweit sie von der denkenden, geistigen Natur der menschlichen Seele ganz zu trennen sind, aus natürlichen Ursachen, d. h. aus der Thätigkeit der Materie selbst, zu erklären.

Da ich es gewagt habe, dem Titel meines Werkes das Wort Kosmos, im Sinne der pythagoreischen Schule für Weltordnung genommen, vorzusetzen, so habe ich auch in dem ersten Bande alles zusammengetragen, was in den Kreisen des hellenischen Sprachzusammenhanges sich an die Etymologie zu verschiedenen Zeiten knüpfte. Derselbe Gegenstand ist (am Schluß des Jahres 1856) von Dr. Leo Meyer, Privatdozenten in Göttingen, mit Scharfsinn und in erwünschter Allgemeinheit behandelt worden. „Lautlich," sagt der Verfasser der Abhandlung über die Wortbedeutung von Kosmos in den ältesten (Homerischen) Denkmalen der griechischen Sprache, „lautlich würde die Zusammenstellung mit 'sudh, rein sein, purificari, sich allerdings rechtfertigen lassen, und dadurch würde sich als Grundbedeutung für das Wort ergeben ‚Reinheit, Glanz', und das unmittelbar daraus hergeleitete κοσμέω würde zuerst ‚reinigen, glänzend machen', danach ‚schmücken', später erst auch ‚ordnen' bedeuten. Diesen Bedeutungsübergängen aber widerspricht die Geschichte des Wortes durchaus, es leitet dieselbe auf eine völlig verschiedene Grundbedeutung hin. Diese Grundbedeutung ist teilen, einteilen, und eine einzige Stelle (Ilias XII, 86), wo es von den Troern heißt, daß sie fünffach eingeteilt, in fünf Abteilungen standen, könnte fast schon genügen, die Unmöglichkeit des Begriffes ‚glänzend machen' für κοσμέω darzulegen. Unter allen zahlreichen Homerischen Stellen, die man aufzählen kann, findet sich nicht eine einzige, in der die Bedeutung ‚Glanz' möglich wäre, und nur an zweien hat Kosmos scheinbar die Bedeutung ‚Schmuck' oder nähert sich derselben. Als gemeinsame Grundform [9] für

κόσμος und für κεκάσθαι läßt sich mit ziemlicher Sicherheit καδ ansetzen, mit der Bedeutung ‚teilen', ursprünglich wohl ‚spalten', mit dem altindischen chid (tschid), dem griechischen σχίζω und dem lateinischen scindo zusammenhängend."

Den Resultaten dieser gründlichen Untersuchung von Dr. Leo Meyer gibt mein berühmter Freund und Lehrer Böckh vollen Beifall. „Der Begriff des Ordnens beruht" auch nach ihm „wesentlich auf dem des Scheidens, letzterer ist augenscheinlich der ursprüngliche, und um den Beweis nicht auf den Homer zu beschränken, ist daran zu erinnern, daß in Kreta die höchste Behörde, die Ordner und Archonten des Staates, κόσμοι (auch κόσμιοι) hießen, ein Name, der gewiß aus sehr früher Zeit stammt. Ebenso finden wir bei den epizephyrischen Lokrern als Obrigkeit den κοσμόπολις. Belehrend ist ebenfalls der Anaxagorische Gebrauch des Wortes als Scheidung in der merkwürdigen Stelle: πάντα χρήματα ἦν ὁμοῦ, εἶτα νοῦς ἐλθὼν αὐτὰ διεκόσμησε (Schaubach in Fragm. Anaxag. p. 128, 111), und daß Demokrit das Wort διάκοσμος da gebraucht hat, wo es nur ein Geordnetes bedeuten kann. Auch daß Leo Meyer das verlorene κάζω mit κόσμος zusammenbringt, ist unstreitig richtig, und Sie haben selbst schon in Ihrem Werke erinnert, wie Welcker damit Κάδμος in Verbindung gesetzt hat."

Das Alter, das ich während der Vollendung der physischen Weltbeschreibung erreicht habe, und das Gefühl abnehmender Kräfte könnten mich anregen, bei der großen und unerwarteten Nachsicht, mit welcher das Werk bis zu seinem verspäteten Ende in weiten Kreisen aufgenommen worden ist, den Wunsch um Erhaltung oder gar um Zunahme dieser Nachsicht auszusprechen; aber ich bin seit früher Jugend von dem wissenschaftlichen Ehrgeize, der meine ganze Geistesthätigkeit belebt hat, so durchdrungen, daß im Widerspruch mit jenem Wunsche ich das Bedürfnis fühle, meine Arbeit mit größerer Strenge als bisher behandelt zu sehen. Die Verbreitung der fünf Bände des Kosmos ist um so größer, als dieselben in wenigstens neun verschiedene Sprachen übersetzt erscheinen. In der Masse von Thatsachen, besonders numerischen Angaben, welche in den Texten und in drittehalbtausend Noten von so verschiedener Länge angehäuft sind, muß oft Irriges durch meine Schuld und durch die Schuld meiner Uebersetzer sich eingeschlichen haben. Ich nenne hier Irriges nicht, was dem später Entdeckten, sondern was dem wider-

spricht, das zu der Zeit, als ein Band des Werkes gedruckt wurde, nach dem damaligen Zustande des Wissens schon nicht mehr begründet war. Ungenau beobachtete Thatsachen aber oder Meinungen, die in dem Gewande von Thatsachen verbreitet werden, sind, wie ich schon früher bemerkt habe, widerspenstiger und schwerer zu verbannen als verwickelte Hypothesen über reale Naturprozesse.

Ich würde besorgen, eine mir teure Pflicht vernachlässigt zu haben, wenn ich am Schluß einer Einleitung zu dem letzten Bande des Kosmos den mir so wichtigen Beistand nicht öffentlich anerkennte, welchen ich dabei, nun schon über dreizehn Jahre lang, einem werten Freunde verdanke und dessen sich auch mein Bruder Wilhelm von Humboldt bei der Herausgabe seiner philosophischen Untersuchungen über die Kawisprache auf Java, wie über die Verschiedenheit des menschlichen Sprachbaues erfreut hatte. Kein Blatt des Kosmos ist erschienen, das nicht in der Handschrift und gedruckt dem scharf eindringenden Blicke des Professors Eduard Buschmann, Bibliothekars an der königlichen Bibliothek zu Berlin und Mitglieds der Akademie der Wissenschaften, unterworfen worden wäre. Er ist auch der Vermittler meiner Handschrift gewesen, und viel länger schon hatte er mir eine liebevolle Anhänglichkeit gewidmet. Seiner unermüdlichen Thätigkeit und linguistischen Kenntnis des südöstlichen Asiens verdanken wir auch die Fortsetzung des großen Werkes meines Bruders und dessen Erweiterung durch ferne Zweige des malaiischen Sprachstammes. Sein Bestreben, in den noch so wenig abgesonderten amerikanischen Sprachfamilien, in denen er tief eindringende Arbeiten mit meinem Bruder gepflogen, Geschichtsdenkmale früher Völkerwanderungen und des Entwickelungsganges der Menschheit im neuen Kontinent zu enthüllen, hat bereits eine Zahl merkwürdiger Resultate an das Licht gebracht.

Bei dem regen Wunsche, den Reichtum des verschiedenartigsten Materiales in dem Entwurf einer physischen Weltbeschreibung zu konzentrieren, mußte ich um so ernster einige Korrektheit in der Form erstreben. In den verschiedenen Sprachen, in welchen ich durch ein vielbewegtes Leben zu schreiben veranlaßt wurde, habe ich immer Freunden, denen ich mein Vertrauen zu schenken berechtigt war, das zu Druckende vorgelegt, weil die Färbung des Ausdrucks in seiner erhöhten Lebendigkeit keineswegs dieselbe sein darf in der einfachen, in

reiner Objektivität aufgefaßten Naturbeschreibung, und in dem Reflex der äußeren Natur auf das Gefühl und die innere Natur des Menschen. In jeder Litteratur aber sind diese Grenzen nach dem Wesen der Sprache und dem Volksgeiste anders gezogen, um dem Urteil einer dichterischen Prosa zu entgehen. Nur heimisch, in der angeborenen, vaterländischen Sprache kann durch Selbstgefühl das richtige Maß der Färbung wie bewußtlos bestimmt werden. Die Anerkennung dieses Könnens liegt fern von dem anmaßenden Glauben an das Gelingen. Sie soll hier nur das sorgsame Erstreben bezeichnen, durch Vervollkommnung der Form an die innige Verwandtschaft zwischen einzelnen Teilen wissenschaftlicher und rein litterarischer Werke zu erinnern, an eine Verwandtschaft und Behandlungsweise, die den ersteren keineswegs Gefahr bringt.

(Geschrieben im Juli 1858.)

Anmerkungen.

[1] (S. 471.) „Aristoteles," sagt Brandis in seiner Geschichte der griechisch-römischen Philosophie, „ist der entschiedenste Vertreter der Rechte der Erfahrung; er ist zugleich Lord Bacons Vorgänger und sein an Tiefe und Umfang des Geistes ihm überlegener Gegner. Das Ausgehen vom Empirischen war ihm ein Bedürfnis, weil er überzeugt war, daß der menschliche Geist die Welt des Wirklichen nicht aus dem Begriffe, sondern nur vermittelst des Begriffes zu erkennen vermöge, und zwar in dem Maße, in welchem der letztere in seiner Wechselbeziehung mit den Thatsachen der Erfahrung entwickelt werde." Auch Hegel nennt den Stagiriten als Naturphilosophen einen völligen, zugleich aber auch einen denkenden Empiriker. Ueber den langen Kampf zwischen Realismus und Idealismus, die geschichtlichen Phasen der Erfahrungsphilosophie, wie über die Entwickelungsstufen des Empirismus im allgemeinen siehe den geistreichen Kuno Fischer in seinem „Franz Baco von Verulam und das Zeitalter der Realphilosophie" (1856) S. 383—388, vorzüglich S. 468—472.

[2] (S. 472.) Im strengeren Sinne der Worte und in größerer Verallgemeinerung der Begriffe ist „Weltbeschreibung die Geschichte der Natur und der Menschheit. Die Welterklärung ist die Wissenschaft, welche erkennt, was die Geschichte berichtet." (Franz Baco von Verulam a. a. O. S. 165).

[3] (S. 472.) In den Heraklitischen Naturprozessen bestand das Werden in einem beständigen Umschlagen in das strikte Gegenteil; „des Feuers Tod ist der Luft Geburt", denn Untergang ist nur die Umwandelung der untergehenden Dinge in das Gegenteil eines jeden. Wie im organischen Körper, so herrscht ein beständiger Umwandelungsprozeß im Weltall. Leben und Sterben waren dem Epheser identische Naturprozesse, ja das Leben ein Prozeß des immerwährenden Sterbens — ein Ausspruch, der mich an den des Dante im Purgatorio mahnt:

Del viver, ch'è un correre alla morte.

Der physische Lebensprozeß des Individuums besteht in dem Uebergange vom Sein zum Nichtsein; in einer Bewegung wie ein Strom,

ein Fließen. Auch die Sonne ist immer neu, begriffen im stetigen Prozeß des Verlöschens und Sichentzündens. Jede Flamme hat wie die Sonnenflamme in ihrem Werden ihr Sein. Siehe die Philosophie Heraklitos des Dunkeln von Ephesos dargestellt von Ferd. Lassalle (1858) Bd. I, S. 157—163, Bd. II, S. 104—110. In diesem Buche zeigt der Darsteller auch den merkwürdigen Einfluß von Heraklit dem Dunklen auf Hippokrates de diaeta; s. Lassalle Bd. I, S. 165—171. Hegel sagt: „Es ist ein großer Gedanke von Heraklit, vom Sein zum Werden überzugehen.“ Auch Aristoteles erkennt, daß alles Werden und Vergehen, alle Veränderung gegensätzlich sich entwickelt durch das Mittel der sogenannten Beraubung. Schon nach den uralten Sprüchen (Gâthâs) des baktrischen Zarathustra „ist der Gesamtinhalt des Erdenlebens der Gegensatz von Sein und Nichtsein“.

[4] (S. 472.) Empedokles wird von Aristoteles nach einer Stelle im ersten Buche der Metaphysik als der eigentliche Urheber der bestimmten Vierzahl von Elementen (Wurzeln der Dinge) bezeichnet — einer Vierzahl, die in solcher numerischen Bestimmtheit den Milesiern Anaximander und Anaximenes fremd war.

[5] (S. 472.) Um im Werden die qualitativen Veränderungen oder die Uebergänge der Beschaffenheit zu erklären, nahm Anaxagoras, von Aristoteles getadelt, statt der Vierzahl von Urstoffen „eine unermeßliche Mannigfaltigkeit einfacher, qualitativ bestimmter, voneinander verschiedener Urstoffe (Samen der Dinge) an, so daß Entgegengesetztes sich aus dem Entgegengesetzten entwickeln könne“. Nach Angabe des Simplicius tadelt der Klazomenier die Hellenen wegen der gemeinen Ansicht von Werden und Vergehen, denn kein Ding werde und vergehe, sondern seiende Dinge werden gemischt und gesondert, und man könne mit Recht das Werden ein Gemischtwerden, das Vergehen ein Gesondertwerden nennen. Die Allheit der Dinge bleibt sich gleich. Das Anaxagorische Alles in Allem (πάντα ἐν πᾶσιν oder ἐν παντὶ παντὸς μοῖρα ἔνεστι) bezieht sich auf die Erscheinungen des Stoffwechsels. Wenn nach des Sextus Empir. Angabe Anaxagoras daraus, daß das Wasser, aus welchem der Schnee sich bildet, schwarz sei, die Folgerung gezogen haben soll, der Schnee sei schwarz; Cicero dagegen ihn aus demselben Grunde nur folgern läßt, der Schnee sei nicht weiß, und auch Galen ihm nur die letztere Behauptung beilegt, so bleibt es sehr zweifelhaft, ob der Klazomenier selbst den Schnee so entschieden schwarz genannt habe, wie die Späteren annahmen. Anaxagoras lehrte wohl nur, daß jedes Gewordene Teile von anderem (oder von allem) in sich halte.

[6] (S. 473.) Der Philosoph, welcher die Möglichkeit einer Naturphilosophie oder spekulativen Physik glaubte erwiesen zu haben (Schelling), gesteht selbst, „daß die Kraft, die

in der ganzen Natur waltet und durch welche die Natur in ihrer Identität erhalten wird, bisher noch nicht aufgefunden (abgeleitet) worden ist. Wir sehen uns aber zu derselben hingetrieben; doch bleibt diese eine Kraft immer nur eine Hypothese, und sie kann unendlich vieler Modifikationen fähig und so verschieden sein als die Bedingungen, unter denen sie wirkt". Materien, mit unveränderlichen Kräften (unvertilgbaren Qualitäten nach unseren jetzigen Mitteln) ausgerüstet, werden in unserer wissenschaftlichen Sprache chemische Elemente genannt.

[7] (S. 473.) „It has been repeatedly urged by continental critics," sagt ein mir persönlich unbekannter, aber sehr wohlwollender Beurteiler des Kosmos, „that B^{n} Humboldt has not entirely solved his cosmographical axiom; still, *Kosmos* is a gorgeous accumulation of facts, the result of immense experience, study, and research, combined with some equally grand *aperçus, points de vue,* and *théories.* It is an improved *Pliny* of the present time, just such a work as a *savant* and a traveller of his rank could produce. Whether such acquirements could be combined with the high generalising genius of Plato, and the still older Greek sages, we have no means of judging, as no such constellation has yet appeared amongst the ranks of man."

[8] (S. 476.) Schon Franz Baco sagt: „Calor est *motus* expansivus."

[9] (S. 477.) Leo Meyer in Adalb. Kuhns Zeitschrift für vergleichende Sprachforschung (1857), Bd. VI, S. 161, 164, 171, 172, 174 und 175. „Wie in κόσμος der Begriff des Teilens und Scheidens in den der Ordnung überging, so konnte auf der anderen Seite auch der des Unterscheidens, des Auszeichnens sich leicht daraus entwickeln."

Schluß des zweiten Abschnittes

tellurischer Erscheinungen,

wie sie sich offenbaren

in der Reaktion des Inneren der Erde gegen ihre Oberfläche

mittels der

Thätigkeit der Vulkane.

Die vulkanische Thätigkeit wirkt nicht bloß umwandelnd und zerstörend, sie ist auch bildend dadurch, daß sie festes Gestein hervorbringt. Wir haben ihre Bildungsprozesse in diesem Bande (S. 151 bis 354) zu beschreiben versucht und die meist kristallinischen, durch Erstarrung flüssiger Erden erzeugten Gebirgsarten, nach ihrer Zusammensetzung (nach der Association ihrer Bestandteile) in bestimmte Mineralgruppen verteilt, geschildert. Diese vulkanischen Bildungen des Festen, an dem Abhange hoher Kegelberge in schmalen Lavaströmen oder ohne alle bleibende Gerüste in früherer Zeit als weitverbreitete Gesteinsschichten aus dem Spaltennetze der Ebene hervorbrechend, sind bisweilen durch Wasserergüsse unterbrochen. Solche Wasserergüsse verdienen um so mehr eine besondere Aufmerksamkeit, als die Verschiedenartigkeit ihrer Ursachen lange verkannt worden ist, und sie teilweise, wie ich schon früher erinnert habe, rein meteorologischen Phänomenen (dem vulkanischen Gewitter) beizuzählen sind. Der heiße Wasserdampf, welcher während einer Eruption aus dem Krater aufsteigt und sich in den Luftkreis ergießt, bildet beim Erkalten ein Gewölk, aus dem Blitze, von Donner begleitet, herabfahren. Auf Island wurden nach Olassens' Bericht am Abhange des Vulkans Katlagia im Oktober 1755 zwei

Menschen und elf Pferde vom Blitz getötet; ja am Vesuv erregte, als am 22. Oktober 1822 der 400 Fuß (130 m) hohe Schlackenkegel bereits eingestürzt war, die Kondensation der Dämpfe ein vulkanisches Gewitter, dessen rollenden Donner man deutlich von dem Krachen in dem Inneren des Berges unterscheiden konnte.[1] Dieselbe meteorologische Erscheinung beschreibt Seneca beim Aetna.[2] Die Dämpfe sind meist mit fein zerteilten festen Massen, mit Rapilli, Asche und Sand, gemengt. Faradays schöne Versuche haben Licht verbreitet über die Ursache der heftigen elektrischen Schläge, welche im Oktober 1840 zu Seghell bei Newcastle ein Arbeiter an dem Cylinder einer Feuermaschine erlitt; nach Analogie dieser Versuche ist über dem Krater der Vulkane die Reibung der Wasserteile gegen die festen beigemengten Körper der Erreger der Elektrizität, welche (wie Gay-Lussac gelehrt hat) bei jeder Wolkenbildung sich auf der äußeren Umhüllung (Oberfläche) kondensiert.

Ganz verschieden von diesen minder verheerenden, nur durch vulkanische Gewitter verursachten Wasserströmen sind die Wasser- und Schlammausbrüche, welche dem Inneren der Vulkane zugeschrieben werden. Schon Strabo (lib. V, p. 248 Casaub.) erwähnt der althellenischen Sage, nach welcher Typhon (in der Volksphantasie eine mythische Bezeichnung der unbekannten, tief im Erdinneren liegenden Ursache aller Vulkanität) vom Kaukasus nach Unteritalien floh und, unter Sizilien, Ischia (der tyrrhenischen Affeninsel Aenaria) wie unter dem Brandlande bei Puteoli (Dikäarchia) liegend, „Flammen und Gewässer ausstößt, wenn er sich wendet". Wären die Vermutungen von Carmine Lippi in seiner Schrift über die Frage: fu il fuoco o l'acqua che sotterrò Pompei ed Ercolano? nicht 1843 (also 27 Jahre später) von Scacchi vielfach geschwächt worden, so könnte die Tuffbedeckung von Pompeji einer gleichzeitigen Wasserbedeckung vulkanischen Ursprunges zugeschrieben werden. Es ist aber nach der Natur der dortigen Bimssteine, von denen unzweifelhaft ein Teil (des Vitruvius pumex Pompejanus) vorplinianisch ist, wahrscheinlicher, daß der Aschenregen ein trockener war und daß nur dasjenige, was die Keller in den Ruinen von Pompeji erfüllt hat, durch langdauernde und heftige Regengüsse später zugeführt worden ist. Die sehr neue Konglomeratformation des Traß im Brohlthale gibt auch keinen Beweis dafür, daß Bimsstein und Tuff, welche der Traß enthält,

Schlammauswürfen lavagebender Eifeler Vulkane ihren Ursprung verdanken.

Der nicht Lavaströme ergießende, aber Bimsstein, Asche und fein zermalmte Lavafragmente ausstoßende Vulkan von Guadeloupe, in seinem jetzigen Zustande la Soufrière genannt, hat auf Spalten, die sich am 12. Februar 1836 fast am Fuß des Berges öffneten, eine große Menge schlammigen Wassers ergossen. Mineralien, die in dieser éruption boueuse enthalten waren, sind von Dufrénoy genau untersucht worden. Diese Erscheinung erinnerte nicht bloß an die Anschwellung und schlammartige Trübung aller Bäche während der zunächst vorhergehenden Eruption der Soufrière am 27. September 1797, welcher nach 78 Tagen das große Erdbeben und die Zerstörung der Stadt Cumana folgte, sondern in dem Briefe von Mercier an Biot sur une éruption boueuse du Volcan de la Guadeloupe wurde auch umständlich einer Beobachtung des Kolumbus gedacht, der in den ersten Tagen des Novembers 1493 auf seiner zweiten Reise einen mächtigen Wasserstrom, breit wie ein Ochse (golpe de agua tan gordo como un buey), an dem höchsten Pik der Insel „hoch wie vom Himmel" herabstürzen sah. In dem Berichte des Schiffsarztes Dr. Chanca an die Munizipalität von Sevilla gerichtet, in welchem uns die Worte des Admirals wiedergegeben werden, ist aber nicht gesagt, was in dem Briefe von Mercier irrig [3] behauptet wird: que Christophe Colomb reconnut le Volcan à l'épaisse fumée qui s'élevoit de la cime. Der Admiral beschreibt bloß einen Wasserfall, und gibt nicht zu erkennen, daß er den Pik, an welchem er herabstürzt, für einen feuerspeienden Berg hielt. Es bleibt also mit Recht viel Zweifel, ob er Zeuge eines Schlammausbruchs war, oder ob er einen durch Regengüsse verstärkten Wasserfall, analog dem 500 Fuß (156 m) hohen Sault du Carbet, zu Gesicht bekam.

Auf dem Festlande des neuen Kontinents, dem wir nun von Norden nach Süden folgen werden, sind im altmexikanischen Gebiete, obgleich der Orizaba und der Popocatepetl ihre Gipfel hoch über die ewige Schneegrenze erheben und zu vielen Infiltrationen Gelegenheit geben konnten, Wasser- und Schlammausbrüche in historischen Zeiten nicht beobachtet worden. Die Phänomene, welche bei der Erhebung des neuen Vulkans von Jorullo am 27. September 1759 das Versinken der beiden Bäche de San Pedro und de Cuitimba veranlaßten, sind nicht mit den größeren Erscheinungen zu verwechseln,

welche die alten Vulkane von Guatemala, Quito und Chile dargeboten haben. In dem nördlichen Teile der Vulkanreihe von Centralamerika liegt der abgestumpfte Trachytkegel von Escuintla, der den Pik von Tenerifa und den 5 Meilen (36 km) in West-Nord-West liegenden Volcan de Fuego bei Acatenango an Höhe übertrifft und dem ausschließlich der Name eines Wasservulkans (Volcan de Agua) geblieben ist. Diesem Berge wurde am 11. September 1541 eine furchtbare Ueberschwemmung zugeschrieben, als durch Erdbeben und plötzliche Eröffnung von mit Regen- und Schneewasser gefüllten Höhlungen veranlaßt. Die große Stadt La Antigua Guatemala ward von Grund aus zerstört, und die Einwohner von der spanischen Regierung gezwungen, die neue Stadt Santiago de Guatemala gegen ihren Willen zu gründen. Leider fehlt es wegen der Barbarei, die vor der Mitte des 16. Jahrhunderts, in den ersten Zeiten der Konquista, wie in so großer Entfernung von der Stadt Mexiko herrschte, an aller auf Sage gegründeter umständlicher Beschreibung dieser Begebenheit.[4] Lavaausbrüche kennt man aus historischer Zeit gar nicht vom Volcan de Agua unfern Escuintla, während daß von dem Volcan de Fuego seit 1581 neun Lavaeruptionen bekannt sind. In der letzten von 1852 erreichte ein Lavastrom das Litorale der Südsee.

In Südamerika hat der nördlichste der Vulkane aus der Gruppe von Neugranada, der Vulkan und Paramo de Ruiz, einen mächtigen Schlammstrom ausgestoßen, welcher von heftigen Erdstößen am 19. Februar 1845 begleitet war. Der Paramo de Ruiz gehört zu der mittleren oder Centralkette von Neugranada, zu der Kette des Quindiu; er liegt zwischen der Mesa de Herveo und dem Nevado de Tolima,[5] und schien sich nach der Ansicht, die ich lange von ihm hatte, aus der Hochebene von Bogota, nicht viel über die ewige Schneegrenze zu erheben. Der Schlammstrom, in zwei Arme geteilt, folgte den Thälern der Rios de la Lagunilla und de Santo Domingo, zerstörte alle Ansiedelungen und führte Eisblöcke, Schlackenmassen, Baumstämme und Schutt in den Magdalenenstrom oberhalb des durch seine schöne Tabakskultur berühmten Städtchens Ambalema. Es war das erste Mal, daß die Anwohner des großen, von Palmen umgebenen Flusses, dessen Wassertemperatur nicht unter 26° bis 28° ist, Eismassen schwimmen sahen, eine Erscheinung, welche die Schnelligkeit eines solchen Schlammsturzes bezeugt.[6]

Wenn auch die ewige Schneelinie in der Aequatorialzone der vulkanreichen Kordilleren von Quito fast 6000 Fuß (1624 m) höher liegt als in der Breite des Aetna, so nimmt auch dabei in jenen Kordilleren die Höhe der noch entzündeten Vulkane dermaßen zu, daß, während der 10 200 Fuß (3313 m) hohe Aetna noch nicht volle 1300 Fuß (422 m) senkrecht in die ewige Schneegrenze reicht, der mit Schnee bedeckte Teil der 16 000 und 17 000 Fuß (5200 bis 5520 m) hohen Vulkane Cotopaxi, Sangay und Altar de los Collanes noch 2250 Fuß (730 m) in senkrechter Höhe mit ewigem Schnee, ja 5500 Fuß sporadisch mit Schnee bedeckt sind. Von dem Parallel von Sizilien nach dem Parallel von Quito nimmt die Höhe der Vulkane um vieles schneller als die der ewigen Schneelinie zu; auch haben die höchsten Gebirge Europas sogenanntes plutonisches, unvulkanisches, Granit- oder Gneisgestein. Am Montblanc hat der perpetuierliche Schneemantel fast 6500 Fuß (2111 m) perpendikularer Höhe, d. i. dreimal mehr als der Cotopaxi, dessen Schneemantel ich nur 2862 Fuß (930 m), La Condamine 64 Jahre früher 3000 Fuß (975 m) vom Gipfel bis zur unteren Schneegrenze fand. Diese numerischen Betrachtungen sind von großer Wichtigkeit, da die Wasserergüsse der entzündeten Nevados, mit Tuff, Bimsstein und Schlamm gemengt, seit Bouguer und La Condamine den mit Schnee- und Regenwasser gefüllten inneren Höhlungen zugeschrieben werden.

Unter den drei Vulkanen der Gruppe von Quito, welche durch Spaltung der Gipfel oder Zertrümmerung der Kraterränder große geologische Katastrophen bezeugen: dem Carguairazo (jetzt nur noch 14 700 Fuß = 4774 m hoch), den beiden schönen Pyramiden von Iliniſſa (16 362 Fuß = 5315 m) und dem Capac-Urcu oder Cerro del Altar (jetzt nur noch 16 380 Fuß = 5321 m), welcher einst den Chimborazo überragt haben soll, hat sich nur vom Einsturz des Gipfels des Carguairazo durch die Sage und die noch sichtbarsten Spuren das lebhafteste Andenken erhalten. Das Wort „Kotfelder“ (lodazales, campos lodosos, von lodo, lutum), mit dem man jetzt noch eine Strecke von fast 2 Quadratmeilen am Fuß des Carguairazo bezeichnet, deutet auf die Nässe und Flüssigkeit des Aschenschlammes, welcher sich bei dem Kratereinsturz in der Nacht vom 19. Juli 1698 ergoß. Auch durch die Luft wurden wie Erdhagel[7] kleine kugelförmige Massen mit konzentrischen, übereinander gelegten

Schalen geschleudert bis in die Hochebene von Hambato, wo ich sie sammelte und wo man sie dem Carguairazo zuschrieb, während die Stadt Hambato in derselben Nacht 1698 durch Erdstöße ganz zerstört wurde. Als Pedro de Alvarado, einer der Helden in der Expedition von Hernan Cortes, im März 1534 mit einem wohlgerüsteten kleinen Heere von der Küste der Südsee aufwärts nach Quito über Riobamba (River-pampa) durch die Puertos nevados (wie es scheint, längs dem südwestlichen Abhange des Chimborazo) vordrang, verlor er einen großen Teil seiner Mannschaft und Rosse, nicht bloß durch Kälte, sondern weil, wie Oviedo sagt,[8] Erde vom Himmel fiel, so daß die Respiration gehemmt war und alles erblindete. Dieser Aschenregen wird mit mehr Gewißheit, als mir begründet scheint, einem Ausbruch des Cotopaxi zugeschrieben. Er war vielleicht aus dem damals noch unversehrten, thätigen Krater des Carguairazo selbst ausgestoßen. Brustbeklemmungen sind bei solchen Erscheinungen ebenfalls von den Einwohnern der Stadt Quito gefühlt worden, wenn Aschenregen vom Rucu-Pichincha den Tag daselbst in finstere Nacht verwandelten.

Einen merkwürdigen Kontrast mit den Kotfeldern (lodazales' éjections boueuses) des Carguairazo bilden die Auswürfe des Capac-Urcu (Altar de los Collanes), welche, fast zwei Dezennien vor der Eroberung der Stadt Quito durch den Sohn des Inca Tupac Yupanqui (laut den Traditionen der Eingeborenen von Lican) 7 bis 8 Jahre hintereinander dauerten und die große Ebene von Tapia im Osten vom Rio Champa, im Süden vom Rio de Lican mit feinem Bimssteinsande bedeckt haben. Diese Bimssteinbedeckung ist um so auffallender, als der Capac-Urcu dem Vulkan Tunguragua nahe ist, auf welchem ich bei dem Versuch einer Besteigung gar keinen Bimsstein gefunden habe. Die Natur der sogenannten Asche und des vulkanischen Sandes kann bei ungründlicher Untersuchung zu vielen Täuschungen Anlaß geben. Zwischen Venta de Soto und Perote bestand das Trümmerfeld, dem Granitsand sehr ähnlich, wie ich sehr bestimmt ergründet habe, aus kleinen Körnern von Perlstein.

Die berühmten Wasserausbrüche des Cotopaxi vom 24. Juni und 9. Dezember 1742, teilweise fortgesetzt bis 1750, sind, freilich nur sehr unvollständig und leider nicht als Augenzeugen, von Bouguer und La Condamine[9] beschrieben worden; es bleibt aber doch gewiß, daß der Sturz unzusammenhängen-

der Reihen von Blöcken, die kaum an den Kanten und an der Oberfläche geschmolzen waren, durch den Stoß von halb geschmolzenen Schneemassen getrieben, in ihrer Bewegung mit einer fabelhaft scheinenden Geschwindigkeit beschleunigt wurde. Ein völliges Schneeschmelzen am Kegel des Cotopaxi ging auch, während meines Aufenthaltes in Guayaquil, dem Ausbruch des Vulkans am 4. Januar 1803 vorher, so daß der Berg plötzlich einen furchtbares Unglück verheißenden Anblick darbot.

Das Füllen der inneren Höhlungen mit geschmolzenem Schnee ist aber als ein Prozeß zu betrachten, welcher ununterbrochen, wenngleich allmählich und in langen Perioden, vorgeht, in denen der Berg fast kein äußeres Zeichen der Thätigkeit darbietet. Die allgemeine Dürre des von Waldung ganz entblößten Bodens auf der weiten Hochebene von Quito und der Mangel wasserreicher Flüsse am Fuß der Schneekette sind deutliche Beweise von dem Versinken alles Flüssigen in das Erdinnere. Auch überall, wo Berge einstürzen (en los derrumbos) und während der so häufigen Erdbeben sich Spalten öffnen, sprudelt Wasser aus der Tiefe und erregt oft furchtbare Ueberschwemmungen. Mein Freund Boussingault hat schon in seinen Schriften über die Eigentümlichkeiten des Ackerbaues in den vulkanischen Hochebenen auf die Ursachen des Kontrastes zwischen der Dürre der Oberfläche und der Wasserfülle der Erdschichten in geringen Tiefen aufmerksam gemacht.

Mit dieser Frequenz unterirdischer Wasseranhäufung in einer Zone, wo der gehobene Teil der Erdrinde meist mit porösem, permeablem Gestein bedeckt ist, hängt das sonderbare Phänomen der kleinen, von einigen Bergen um Quito zu Tausenden mit schlammigen Wassern ausgeworfenen Fische zusammen, von dem ich vielleicht zuerst die Nachricht nach Europa gebracht habe. [10] Dieses Fischchen, gewöhnlich vier, bisweilen nur zwei Zoll lang, von olivengrüner Farbe, schwarz punktiert, hat die ganze Gestaltung (den habitus) der Siluroiden der Meeresküste, ob es gleich in den Bächen der Hochebene von Quito in Höhen von 9000 bis 9800 Fuß [11] (2920 bis 3180 m) lebt. Es gehört zu derjenigen Abzweigung der Siluroiden, welche Lacépède Pimeloden genannt hat. Die älteste Nachricht vom Auswurf dieser Pimeloden, die mir ein aufmerksamer und wissenschaftlich unterrichteter Beobachter, Juan de Larea, mitgeteilt hat, steigt bis 1691 im Vulkan

Imbaburu hinauf. Die der Villa de Ibarra nahen Felder wurden mit toten Fischen gefüllt, und man schrieb bösartige Fieber, welche zu der Zeit ausbrachen, der faulenden, mit Gestank die Luft verpestenden organischen Masse zu. Noch wenige Jahre vor meiner Ankunft hatte Imbaburu dieselben Schlammausbrüche, reich an Fischen, geliefert. Aehnliche Erscheinungen kennt man vom Carguairazo, als sein Gipfel 1698 einstürzte, vom Tunguragua und Cotopaxi. Die Fische, welche der letztgenannte Vulkan auswarf, verpesteten die Luft auf den Besitzungen des Marques de Selvalegre, des Vaters meines unglücklichen, teuren Reisegefährten, Carlos Montufar. Der Pimelodus Cyclopum — das ist der etwas mythische Name, unter dem ich auf Cuviers Geheiß die kleine Preñadilla bekannt gemacht habe — ist gar nicht häufig in den Bächen der Kordilleren und wird doch zu vielen Tausenden ausgeworfen. Das Fischchen, sagt man, sei lichtscheu, weil da, wo man, wie am Imbaburu, eine bleibende Kommunikation zwischen den inneren Berghöhlen und den Gebirgsbächen vermutet, z. B. am Desague de Peguchi zwischen Otavalo und San Pablo, die Pimeloden nur in sehr dunklen Nächten gefischt werden können. Sie kommen sogar, sagt man, nicht aus dem Berge heraus, solange der Vollmond über dem Horizont steht. Ueber alle diese Verhältnisse, besonders über die Höhe der Spalten, aus denen der Fischauswurf geschieht, und über die Ursachen, welche die Tierchen zu einer solchen Höhe erheben, fehlt es noch ganz an Beobachtungen. Ich war nur wenige Stunden lang in der Nähe von Imbaburu und Cotocachi, als ich aus der Provinz de los Pastos über die Villa de Ibarra nach Quito kam, und wußte damals noch nichts von einem Phänomen, das in Europa lange Unglauben gefunden hat, wie der Fall der Meteorsteine, wie die Fußeindrücke in Felsschichten und die Existenz des Guacharo, der von mir abgebildeten Steatornis caripensis.

Ich entlehne meinen Tagebüchern hauptsächlich auch das, was ich durch eigene Ansicht habe weder bekräftigen noch widerlegen können. Erneuerte Veröffentlichung einer bezweifelten wichtigen Erscheinung ist ein sicheres Mittel, zu ernster Untersuchung anzuregen, zu unterscheiden, ob durch vulkanische Thätigkeit eine Kommunikation zwischen inneren, mit Wasser gefüllten Höhlungen und den äußeren Bächen eröffnet wird, oder ob zu der plötzlichen Tötung der diesen Bächen ursprünglich eigenen Preñadillen die Beimischung

heißen oder schwefelsauren Schlammes Veranlassung gegeben habe. Eine solche Untersuchung kann aber nur von Gewicht sein, wenn sie zur Zeit des hier besprochenen Vorfalles selbst oder unmittelbar nach demselben stattfindet. Unterirdisches tierisches Leben ist ja auch unvulkanischen Alpengegenden Europas nicht ganz fremd, da, wo fließende Wasser in langgedehnten Höhlen ihren Ursprung haben.

Eine andere, ebenfalls sehr merkwürdige Erscheinung, die Ausbrüche der Moya, in sich bewegenden, alles umstürzenden kleinen Kegeln, verdient hier noch eine besondere Erwähnung, wenn sie auch nur teilweise mit den Vulkanen zusammenhängt. Der berühmte, mir in Spanien eng befreundete Botaniker Cavanilles hat wohl am frühesten der Moya oder Muya und des furchtbaren, verheerenden Erdbebens von Riobamba am 4. Februar 1797 gedacht.[12] Fünf Jahre nach dem großen Ereignis konnte ich den Schauplatz dieser Verheerungen selbst untersuchen. Die Moya, welche man nicht mit dem bei allen Vulkanen so häufigen vulkanischen Tuff verwechseln muß, ist eine schwärzlich-braune, teilweise graue, erdige und zerreibliche Masse, in der sich erbsengroße, gelbliche und weiße, feinporige Einmengungen finden. Man erkennt darin, doch nicht häufig, kleine Körner unvollkommen ausgebildeter, schwärzlich-grüner Kristalle von Augit. Letztere sind am leichtesten zu sammeln, wenn man die Moya schlemmt; auch werden dabei einige Kristallbruchstücke abgesondert, die entweder glasiger Feldspat oder Labrador sind. Die charakteristische Streifung des letzteren ist nicht deutlich zu erkennen. Da in meinen Tagebüchern damals die nahen anstehenden Felsmassen als Trappporphyre (also als Trachyte), bestehend aus einer graulich-grünen, thonartigen Grundmasse mit vielem glasigen Feldspat und etwas Hornblende, ohne allen Quarz, beschrieben wurden, so fand ich mich bei Erkennung der Feldspat- und Augitbruchstücke, welche ich für Hornblende hielt, veranlaßt, die ausgeworfene bewegliche Masse in einem Bericht an das Nationalinstitut einen verwitterten Trappporphyr zu nennen. Die Beimengung brennbarer Stoffe konnte nicht übersehen werden, da wir die Indianerweiber in Pelileo, ohne allen Zusatz eines anderen Brennmaterials, mit der Moya ihre Speisen kochen sahen. Ich erinnerte damals Klaproth daran, daß Vauquelin in festen anstehenden vulkanischen Gebirgsarten der Auvergne Chlorammonium gefunden habe.

Die Moya, welche ich wie den Guano zuerst nach Europa gebracht habe, ist auf einer ebenen, etwas feuchten, grünbewachsenen, grasreichen Flur westlich von dem Städtchen Pelileo, in 1318 Toisen (2570 m) Höhe über dem Meere, ausgebrochen; ja um vieles höher noch und auf trockenem Boden stiegen bei dem alten Riobamba kegelförmige Hügel aus Spalten hervor, die sich fortbewegten, Häuser umstürzten und alles überdeckten. Dieses unbestrittene Wandern der Moyakegel, über das wir Gelegenheit gehabt haben, so viele Augenzeugen auszufragen, ist den translatorischen Bewegungen in horizontaler Richtung analog, von welchen die Erdbeben in Kalabrien und Riobamba so viele Beispiele gegeben haben teils im Verschieben nicht entwurzelter Baumalleen, teils in dem gegenseitigen Umtausch oder Sichverdrängen sehr verschiedenartiger Kulturstücke. Wir sehen die Erscheinungen sich wiederholen, aber die dynamischen Ursachen solcher Bewegungen in einzelnen Teilen der Bodenfläche sind noch in Dunkel gehüllt. Die Masse der frisch ausgeworfenen Moya war flüssig, wie uns einige der in Pelileo geretteten Eingeborenen erzählten; sie nannten es „einen sich fortwälzenden Brei, der bald erhärtete". Viele Stücke der Moya färben die Hände schwarz. Die Moya brennt wie schlechter Torf oder wie Lohkuchen ohne Flamme, gibt aber dabei eine sehr intensive Wärme. Die ersten Untersuchungen der Moya wurden von Vauquelin und mir, später von Klaproth gemacht. Die chemische Analyse des letzteren gab siebenmal mehr Hydrogengas als kohlensaures Gas, dazu brandiges Oel, Natron und mit Ammonium angeschwängertes Wasser.

Den chemischen Analysen folgte die mikroskopische. Durch Ehrenbergs glänzende Entdeckungen war besonders seit dem Jahre 1837 der Einfluß des kleinsten Lebens auf Mischung von Erden und Bildung der Gebirgsarten immer mehr hervorgetreten und hatte die vulkanischen Aschen, welche Luftströme in große Ferne fortführen, zu einem wichtigen Gegenstand organischer Untersuchung gemacht. Da nun die Klaprothsche Mineraliensammlung und mit ihr die von mir gesammelte Moya von Pelileo in das königliche Mineralienkabinett zu Berlin überging, so wurde letztere 1846 von meinem sibirischen Reisegefährten, Professor Ehrenberg, vollständig mikroskopisch untersucht. Es fanden sich darin 64 namhafte organische Gestalten (14 kiesel- und weichschalige Polygastern, 5 Teile Fichtenpollen und 45 kieselerdige Phyto-

litharien), meist Gramineen, welche wohl die Hauptmasse der Kohle darbieten und durch lange Spaltöffnungen der wellenförmig gezahnten Epidermis sich kenntlich machen. Nichts gehört dem Meeresleben zu, und die organische Mischung der Moya beträgt mehr als die Hälfte des Volumens. Die Pflanzengewebe sind verkohlt, nicht verrottet. Neben dem sehr vereinzelten Augit und Feldspat zeigen sich hier und da kurzzellige Bimssteinteile. Das Ganze schien dem mikroskopischen Analytiker ein „aus verbrannten Vegetabilien und Wasser gemischter Erdbrei der Oberfläche zu sein, welcher, nachdem er ins Innere eingeschlürft gewesen (durch vulkanische Kräfte), wieder herausgetrieben wurde".

Die beiden Ausbruchsorte der Moya bei Alt-Riobamba und bei Penipe sind vier geographische Meilen (28,5 km) voneinander entfernt, Penipe aber ist dem noch thätigen Vulkan Tunguragua um 1½ Meilen (11 km) näher als Riobamba. Ich habe einen Plan der Umgegend von Penipe aufgenommen. Die sich bewegenden, fortschreitenden Moyakegel sind westlich von den Ruinen von Penipe in einer feuchten Grasebene aufgestiegen, welche die Oeffnung eines hufeisenförmig gekrümmten Gebirgsrückens ausfüllt. Die Oeffnung wird im Norden vom Cerro de Chumaqui, im Süden vom Cerro de Pucara gebildet, beide auf meinem Plane Trappphorphyr (Trachyt) genannt. Auch der alte erloschene Vulkan von Imbaburu, südlich von der Villa de Ibarra, über 29 geographische Meilen (215 km) im Norden von Penipe, hat im Jahre 1844 eine rötlich aschgraue Moya ausgeworfen, von der mir einige Proben geschickt worden sind. Nach Ehrenbergs Untersuchung enthielten diese 13 Polygastern und den zehnten Teil des ganzen Volums ausmachende Phytolitharien. In einem Exemplar der Eunotia amphioxys waren noch die grünen eingetrockneten Eierschläuche, einzeln von Glühhitze geschwärzt, zu erkennen.

Auch in der Andeskette des südlichen Chile, in der Breite von 37° 7′ südl., fast dem Hafen von Talcabuano gegenüber, bietet der Vulkan von Antuco, welchen zuerst Eduard Pöppig und Domeyko geologisch untersucht haben und dessen feurige Ausbrüche und wirkliche Lavaströme vom September 1852 nach der Angabe von Gilliß der englische Reisende E. R. Smith als Augenzeuge beschreibt, das merkwürdige Phänomen von Wassergießungen dar. „Dieser Vulkan," sagt der geistreiche Pöppig, „ist einer von denjenigen, in denen die

größeren Eruptionen mit der Ergießung einer Wassermasse von kalter Temperatur endigen. Jeder der Einwohner des Thales — einfache Landleute, deren Bericht zu trauen ist — bezeugen die Wasserausbrüche. Der letzte, sehr heftige war vom Jahre 1820. Ein Wasserstrom, welcher aus einer Spalte des Kegels floß, hatte den Boden tief aufgerissen und die Lavabetten klafterhoch mit übelriechendem, rotgelbem Schlamme bedeckt. Ich fand selbst noch acht Jahre später eine tiefe Furche, die bis auf die Hälfte des Vulkans von Antuco reichte und weiter oben mochte verschüttet sein. Am Krater selbst sieht man keine Spur; allein daß aus ihm der Wasserstrom hervorgebrochen sei, behaupten alle Antucaner. Ob jene Wasser- und Schlammergießungen Folgen der Infiltration der Gletscher sind, oder durch Verbindungen entstehen, welche der vulkanische Herd mit dem nahen 1 ½ geographischen Meilen (11 km) langen Antucosee hat, wird kein späterer Forscher leicht entscheiden." Die untere Schneegrenze liegt nach Gilliß in dieser Breite 6200 Fuß (2014 m) hoch, also 2470 Fuß (802 m) unter dem Gipfelkrater. Ich übergehe das merkwürdige Gemenge von Bimsstein, Obsidiankörnern, kieselschaligen Polygastern und Pflanzenteilen von dem durch Meyen untersuchten Hügel von Tollo, zwei volle Tagereisen entfernt von dem Vulkan Maypu (34° 17′ südl. Br.), der selbst nie Bimsstein ausgespieen hat. Dieses Phänomen erinnert an die isolierte Position der Bimssteinschichten von Guapulo, vom Rio Mayo und von Huichapa, östlich von Queretaro (Kosmos Bd. IV, S. 265), und an das analoge von Acangallo bei Arequipa in Peru, die Ehrenberg ebenfalls mikroskopisch zergliedert hat.[13]

Von dem neuen Kontinent auf den alten übergehend, müssen wir zuerst in Europa an die Wasserausbrüche des Aetnas und des Vesuvs erinnern. Diese seltsamen Erscheinungen sind mit Recht schon vor einem Jahrhundert (von Magliocco, Braccini und Paragallo) teils Ansammlungen von geschmolzenem Schnee- und Regenwasser in inneren Höhlungen, teils vulkanischen Gewittern in den den Krater umgebenden Luftschichten zugeschrieben worden. Die großen Epochen der Ueberschwemmungen waren für den Vesuv der 17. Dezember 1631, für den Aetna der 9. März 1755. Die Wassermasse, welche an dem ebengenannten Tage vom Kegel des Vesuvs herabkam, war so groß, daß, bei Nola, an einigen Stellen die Ueberschwemmung 12 Fuß (3,9 m) Höhe hatte.

Am 18. und 31. Dezember erneuerte sich das furchtbare Phänomen gegen Resina und Ottajano hin. Da der Krater in Wolken gehüllt blieb, so kann man nicht mit Gewißheit entscheiden, was aus ihm überströmte oder dem entstandenen Ungewitter zugehörte. Die ausgeworfenen Seemuscheln, Algen und kleinen Fische bleiben sehr ungewiß. Auch 1779 und 1794 werden Schlammströme (mit Rapilli und Sand gemischte Wasser), die lave d'acqua e lave di fango, von Scacchi in seiner Chronologie der Eruptionen aufgeführt.[14] Am Aetna brachen am 9. März 1755 die heißen Wasser nicht aus dem Krater, sondern am Fuß des Kegels aus Spalten hervor und wurden ebenfalls von Mecatti dem geschmolzenen Schnee zugeschrieben. Da ich einen Monat nach der großen Eruption des Vesuvs vom 22. Oktober 1822 den Vulkan mehrmals besucht hatte, so kann ich ein merkwürdiges Beispiel von den Täuschungen anführen, zu welchen die Flüchtigkeit der Beobachtung Anlaß gibt. Am 26. Oktober verbreitete sich in der Umgegend des Vesuvs das Gerücht, ein Strom siedenden Wassers stürze den Aschenkegel herab. Monticelli erkannte bald, daß eine optische Täuschung dieses irrige Gerücht verursacht habe. Der vorgebliche Strom war eine große Menge trockener Asche, die aus einer Kluft in dem obersten Rande des Kraters wie Triebsand hervorschoß. Nach einer die Felder verödenden Dürre, welche dem von Lord Minto beschriebenen Ausbruch des Vesuvs vorhergegangen war, erregte gegen das Ende desselben das vulkanische Gewitter einen wolkenbruchartigen, aber lange anhaltenden Regen, der gefahrbringende Ueberflutungen bewirkte.

In dem vulkanischen Teil der Eifel ist die Traßbildung wohl nicht Schlammausbrüchen zuzuschreiben. Die Bimssteine scheinen trocken ausgeworfen zu sein, und die Hauptmasse des Duckſteins ist nach H. v. Dechen ein durch Wasser abgesetztes, sehr neues Konglomerat. Nach Ehrenbergs rastlosen und scharfsinnigen Untersuchungen der vulkanischen Tuffe am Hochsimmer, im Brohlthale, am Backofenstein bei Bell, oder am Laacher See sind überall dort Bimssteine mit Phytolitharien und kieselschaligen Polygastern so innig gemengt, daß an dem uralten geologischen Zusammenhange solcher gefritteter Organismen mit der vulkanischen Thätigkeit wohl kaum zu zweifeln ist. Der von Ehrenberg eingeführte Name der Pirobiolithbildung (vulkanischer

Infusorientuff) drückt eine Thätigkeit aus, deren ursachliche Verhältnisse noch in Dunkelheit gehüllt sind, aber durch diesen Umstand selbst die Nähe künftiger Entdeckungen verkündigen. Der Charakter von Süßwasserbildungen ist der herrschende in diesem Gebiete; doch sollen nach Ehrenbergs mikroskopischer Untersuchung die in Patagonien von Darwin gesammelten Erdschichten ausnahmsweise „einen vulkanisch verarbeiteten Meeresboden" erkennen lassen.

Zu der, dem westlichen Amerika gegenüberstehenden, östlichen Küste Asiens übergehend, gedenken wir zuerst in der Vulkanreihe der Halbinsel Kamtschatka der heißen Wasserausbrüche zweier noch entzündeter Vulkane, des Awatscha und Kliutschewsk. Adolf Erman und Postels schreiben diese Schlammströme ebenfalls nur dem während der Lavaergießungen geschmolzenen Eise und mit Asche (Rapilli) gemengten Schnee zu. In dem Dreiinselreiche Japan finden sich auf der nördlichen Insel Kiusiu, westlich vom Hafen Simabara, Kotvulkane, die schwarzen Schlamm ausspeien, ähnlich denen von Taman auf der Halbinsel Apscheron; aber das wichtigste, recht eigentlich hierher gehörige Phänomen ist die Erhebung des großen Kegelberges Fusijama auf Nipon, welcher aus dem durch eine Bodenversenkung eines großen Landstriches in der Provinz Umi-siu neu gebildeten großen See Mitsu-Umi sich auf einmal erhoben haben soll, 286 Jahre vor unserer Zeitrechnung. Leider bleiben die näheren Umstände dieser Seeentstehung wie der Bergerhebung in historisches Dunkel gehüllt. Ernsthafte Untersuchungen der Oertlichkeit, von einem wissenschaftlichen Reisenden, würden selbst in der Jetztzeit noch einiges Licht über diese Erhebung wie über die des Vulkanes von Taal auf Luzon verbreiten können.

Unter den 48 Vulkanen der Insel Java, von denen die Hälfte gegenwärtig entzündet ist, haben zwei durch ihre Schlammausbrüche selbst in diesem Jahrhundert sich eine große Berühmtheit erworben, der Idjen und der Gelunggung. Der erstere hat am Kratersee Kawah Idjen 7265 (2360 m), im östlichsten Teile,[15] als Merapi Idjen, 8065 Fuß (2620 m); der Gelunggung wird zu ungefähr 6000 Fuß (1950 m) Höhe geschätzt. Der Idjen, welchen Leschenault de la Tour schon 1805 besucht hatte, gab am 6. Januar bis 11. Februar verheerende Schlammströme (Meteorwasser mit vieler ausgeworfener Asche vermengt). Am Gelunggung hat der

Schlammstrom vom 8. Oktober 1822 allerdings nur 5 Stunden gedauert, und dennoch haben seine Verwüstungen nach offiziellen Berichten gegen 4000 Dorfbewohnern das Leben gekostet. Von feurigen Ausbrüchen aus dem Krater war nichts gesehen worden; aber Blitze durchkreuzten das dunkle Gewölk, welches den Gipfel umgab, sichere Anzeigen dessen, was ich vulkanisches Gewitter nenne. Die dickeren Teile des Schlammes wurden durch die Luft geschleudert vom Gipfel des Gelunggung bis jenseits Tji-Tandui, in einer geradlinigen Entfernung von 48000 Fuß, also mehr als 2 geographische Meilen (15 km). Einige dem Vulkan nahe liegende Dörfer litten weniger, weil der heiße Schlamm über sie wegflog. Um in diesen Erscheinungen den Ursprung des Wassers und des Schlammes zu erklären, erinnert Junghuhn mit vielem Scharfsinn, daß da, wo solche Ausbrüche erfolgen, sich Kraterseen befinden; und daß, wo diese fehlen, man nur trockene oder feurige Stoffe von den vulkanischen Kegeln als wirkliche Lavaströme, oder als unzusammenhängende, glühende Schlackenmassen, oder als bloße, nicht erwärmte Trümmerzüge (vereinzelte Felsblöcke) herabkommen sieht. Von den 18 Kraterseen, welche die Insel Java besitzt, enthalten 7 süßes, helles, trinkbares Wasser, weil sie in ganz ausgebrannten Vulkanen liegen; in 11 anderen ist das Wasser mit freier Schwefelsäure oder mit aufgelöster schwefelsaurer Kalithonerde gemischt. Alle diese Wasser haben einen atmosphärischen Ursprung und die Säuerung geschieht durch vulkanische Dämpfe. Von geschmolzenem Schnee und Eis, die in den Kordilleren, selbst dem Aequator nahe, eine so wichtige Rolle spielen, kann hier keine Rede sein, da auf Sumatra und Java die höchsten Gipfel, der Indrapura und der Semeru, nur 11500 und 11480 Fuß (3735 und 3750 m) Höhe erreichen und also 3000 Fuß (975 m) unter der Grenze liegen, welche man in dieser Breite dem ewigen Schnee zuzuschreiben berechtigt ist. „Bei allen diesen Erscheinungen," sagt Junghuhn wohl mit Recht, „ist kein Wasser in tropfbarem Zustande aus dem Herde der Vulkane ausgeworfen worden; der Krater hat nur Dämpfe und Asche geliefert, während das flüssige Wasser, welches das umliegende flache Land überströmte, erst durch die Verdichtung der Dämpfe in den kälteren Luftschichten gebildet wird und sich zu dem gesellt, welches die Kraterseen hergeben. Die Schlammströme des Gelunggung, welche sowohl scharfeckige, selten poröse

oder schlackige Blöcke, als auch trachytische Felstrümmer von 4 bis 7 Fuß (1,2 bis 2,2 m) Durchmesser mit sich führen, haben durch ihren Absatz eine Gestaltung der Bodenfläche veranlaßt, welche in hohem Grade die Aufmerksamkeit des Hydraulikers und des Geognosten auf sich zu ziehen verdient." Dies Phänomen, sehr genau beschrieben und durch eine Zeichnung erläutert, ist 1822 am Gelunggung durch einen Schlammstrom bewirkt, der von einem Vulkan aus 3590 Fuß (1166 m) Kraterhöhe herabstürzte. Die entstandenen Trümmerhügel sind keineswegs selbst vulkanischen Ursprungs oder durch unterirdische Thätigkeit hervorgebracht, wie die zahllosen geöffneten oder ungeöffneten kleinen konischen Hügel, welche so viele Vulkane umgeben und nur zu allgemein Ausbruchkegel genannt werden. Auf der ganzen Insel Java selbst findet man nur etwas Analoges am Vulkan Gunung Guntur, der isolierte Hügel von 20 bis 30 Fuß (6,5 bis 10 m) Höhe und flachhemisphärischer Form, aus Steintrümmern und Sand zusammengesetzt, doch weniger regelmäßig gereiht, darbietet. Die Schlammströme der Vulkane Kelut und Tangkuban lassen sichtbare Spuren ihrer Verheerung, aber keine konischen Hügel. Außerhalb der Insel Java ist wohl nirgends das von Junghuhn beschriebene Phänomen wiederholt.

Nach einer mäßigen Schätzung steigt am Gelunggung die Zahl der gereihten Hügel, von 40 Fuß (13 m) Höhe und 200 Fuß (65 m) mittleren Durchmessers an der Grundfläche, wenigstens auf 15000. Der größere Teil davon, etwa ³/₄, ist gereiht, fast einerlei Richtung auf einer Länge von 24000 Fuß (8,1 km) bewahrend. Diese Länge ist aber kaum ¹/₃ der Erstreckung von 3¹/₆ geogr. Meilen (23,5 km), welche die Reihen aus älteren Ausbrüchen, reichlich mit Vegetation bedeckt, erreichten. Die Erklärung, welche gebildete Javanesen als Augenzeugen von dieser Aneinanderreihung so einförmiger konischer Hügelgestaltungen geben, ist wohl nicht ganz befriedigend. Sie behaupten, daß, wie auf einer Ebene von nur 2° Neigung in Flüssen trüben Wassers sich ein horizontaler Niederschlag da bildet, wo die Geschwindigkeit der Strömung dieselbe bleibt, so durch eine Stauung bei Hindernissen und durch eine plötzliche Abnahme der früheren Geschwindigkeit große Blöcke (Felstrümmer) niederfallen müßten, die den Kern jener hemisphärischen oder glockenartigen Hügel (Steinberge) bilden. Die Regelmäßigkeit ihrer Gestalt werde durch die

zugleich oder später niederfallende Erde, welche auf allen Seiten abrollt, bestimmt. Niederschläge aus dem Schlammstrome wären also die Veranlassung der ganzen Erscheinung. Ich muß bemerken, daß wellenartige Dünenreihen, bisweilen durch Querthäler in rundliche Hügel geteilt, wie sie Forchhammer im Norden von Europa so vortrefflich beschrieben hat, und wie ich sie in der jetzt wasserlosen kaspischen Senkung zwischen Sarepta und Astrachan gesehen, nichts mit der hier beschriebenen Erscheinung gemein haben; mehr erinnert sie durch das Absetzen der fortgeschleppten Trümmer an den dicken, roten Schlammstrom des Bergsturzes (Bergschlipfen) bei Wäggis am Rigi, entstanden am 15. Juli 1795, oder an die Trümmerflut vom 16. Juni 1818 aus dem Bagnethale in der Schweiz.

Merkwürdige Schlammauswürfe, wie behauptet wird, mit wirklichen Fragmenten von Schwefelkies gemengt, geben auch die kleinen Vulkane der Inseln Ramri und Cheduba (letzterer in lat. 18° 52′) an der Küste von Arrakan, im östlichen Teile des Bengalischen Meerbusens. Der Schlamm, welchen die geologische Gesellschaft von Kalkutta an Ehrenberg 1846 zur Untersuchung sandte, hatte die Konsistenz eines silbergrauen, fetten, plastischen Thones und enthielt Polythalamien, Phytholitharien und vorherrschend (wie in den patagonischen Litoralegebirgslagern) kalkschalige Meerwasserorganismen, also wieder andeutend einen Verkehr zwischen vulkanischer Thätigkeit und einst lebenden Gebilden der Foraminiferen.

So zweifelhaft und unaufgeklärt, als lange die verschiedenen Ursachen der sogenannten vulkanischen Wassergießungen gewesen sind, ebenso problematisch ist auch geblieben die Existenz von wirklichen Flammenerscheinungen während der Ausbrüche, sei es aus den Gipfelkratern, oder aus Spalten am Abhang der Vulkane, oder aus kleinen Auswurfskegeln. In dem allgemeinen Naturgemälde habe ich, was man bei Schlacken- und Rapilliauswürfen als Flammen beschreibt, wie den Lichtglanz roter Glutwolken, nicht brennendem Wasserstoffgas zugeschrieben, sondern als Lichtreflexe gedeutet, die teils von hochgeschleuderten geschmolzenen Massen ausgehen, teils auch Widerscheine sind, von denen aus der Tiefe aufsteigende Dämpfe erleuchtet werden. Dieses Leugnen wirklicher Flammen gründete sich auf die Meinungen vielerfahrener und scharfsichtiger Beobachter: von Spallanzani,

Monticelli, de la Beche, Dana[16] und Poulett Scrope. Solchen negativen Erscheinungen stehen aber wichtige Zeugnisse entgegen: die von Pilla, in einer eigenen, wichtigen Abhandlung aufgestellt, von Leopold von Buch, Humphry Davy, Abich, Elie de Beaumont am Aetna, Bory de St. Vincent an dem Vulkan der Insel Bourbon, Postels am Vulkan Awatscha auf der Halbinsel Kamtschatka. Ein großes Licht ist über diesen Streitpunkt erst, wie ich schon früher angedeutet habe, durch Bunsens vortreffliche Abhandlung „Von den Prozessen der vulkanischen Gesteinsbildung in Island" verbreitet worden. Dieser scharfsinnige Chemiker findet in den Dämpfen, welche den kochendheißen Schlammboden durchwühlen, neben Schwefelwasserstoff auch Wasserstoff, ja von letzterem in der Solfatara von Reykjalidh bis 25 Prozent. „Man sieht aus diesen Gasanalysen," setzt der große Chemiker hinzu, „wie wenig man Grund hatte, Davys ältere Vulkantheorie wegen totaler Abwesenheit brennbarer Gase in den Exhalationen der Vulkane zu leugnen. Der einfachste Versuch zeigt, daß, wo Schwefel mit erhitztem Pyroxengestein (z. B. Basalt oder pyroxenreichen Trachyten) zusammentrifft, alle Bedingungen zur Bildung jener Solfatarengase erfüllt sind. Es tritt eine partielle Zersetzung des in dem Gestein enthaltenen Eisenoxydes ein, indem der Schwefel sich in dessen Bestandteile teilt. Der Sauerstoff des Oxydes bleibt als Schwefeleisen im Gestein zurück. Leitet man darauf Wasserdämpfe in der angehenden Glühhitze über die auf die angegebene Weise mit Schwefeldampf behandelte Gebirgsart, so entweicht unter Bildung von Eisenoxyduloxyd eine reichliche Menge Schwefelwasserstoff. Uebersteigt aber die Temperatur auch nur um weniges die angehende Glühhitze, so zerfällt ein Teil dieses Schwefelwasserstoffes in seine Elemente und man findet neben dem Schwefelwasserstoff eine erhebliche Menge freien Wasserstoffes nebst Schwefeldampf. Die Erscheinungen, welche aller Solfatarenthätigkeit zu Grunde liegen, sind nach diesen Versuchen leicht verständlich, da fast alle vulkanischen Eruptionen von Schwefelsublimationen begleitet sind. Wo nun solche Schwefelmassen den glühenden Pyroxengesteinen in Dampfgestalt begegnen, entsteht die Thätigkeit, der die schweflige Säure ihren Ursprung verdankt; sinkt darauf eine solche vulkanische Thätigkeit zu niederen Temperaturen herab, so tritt alles in eine neue Phase. Die erzeugten Schwefelverbindungen des Eisens beginnen ihre Wirkung auf den

Wasserdampf und als Resultat dieser Wechselwirkung entstehen Schwefelwasserstoff und dessen Zersetzungsprodukte, freier Wasserstoff und Schwefeldampf. So sieht man beide Prozesse sich ineinander verlaufen und sich an nahen Orten begegnen."

Hier ist der Vorgang in den Solfataren geschildert; aber bei wirklichen, Lava hervorbringenden Vulkaneruptionen hat durch Versuche (Gasanalysen) noch keine Entwickelung von freiem Wasserstoff konstatiert werden können. Die bläulichen beweglichen Lichter, welche ich in 2300 Fuß (747 m) Tiefe im entzündeten westlichen Krater des Pichincha erblickte, als ich am 26. Mai 1802 allein mit dem Indianer Felipe Aldas an den jähen Rand des Vulkanes gelangte, habe ich gleich damals nicht für Hydrogen, sondern für Flämmchen brennenden Schwefels gehalten. Sie sind, wie man mir durch Briefe meldete, in den nächsten Jahren nach meiner Abreise aus Quito von mehreren Einwohnern, welche dieselbe Steinplatte (14946 Fuß = 5054 m über dem Meeresspiegel) aus bloßer Neugierde besuchten, ebenfalls gesehen worden. Auch der sehr gründlich physikalisch und geologisch unterrichtete Reisende, Herr Sebastian Wisse, welcher kühn im Anfang August 1845 mehrere Nächte in dem Krater von Pichincha zubrachte, sagt ausdrücklich: „Nach meiner Vermutung brechen bisweilen die Dämpfe der thätigen Fumarolen so erhitzt aus, daß abgesetzte Schwefelkristalle sich wirklich entzünden." [17] Am schwierigsten sind die Flammen zu erklären, die man bei Erscheinung neuer Inseln aus dem Meere will haben aufsteigen sehen, ehe noch der gehobene vulkanische Meeresboden der Oberfläche nahe war.

Anmerkungen.

[1] (S. 485.) Solch eine Erscheinung wie der wolkenbruchartige Regen charakterisirt fast unter allen Erdstrichen das Ende einer Eruption. Da während derselben der Aschenkegel gewöhnlich in Wolken gehüllt ist und da in seiner Nähe die elektrischen Regengüsse am stärksten sind, so sieht man Schlammströme, die aus meteorologischen Ursachen entstehen, von allen Seiten herabfließen.

[2] (S. 485.) Seneca, Quaest. Nat. lib. II, cap. 30: „Aetna aliquando multo igne abundavit: ingentem vim arenae urentis effudit. Involutus est dies pulvere populosque subita nox terruit. Illo tempore ajunt plurima fuisse tonitrua et fulmina, quae concursu aridorum corporum facta sunt, non nubium. — Aliquando Cambyses ad Ammonem misit exercitum: quem arena, Austro mota et more nivis incidens, texit, deinde obruit. Tunc quoque verisimile est fuisse tonitrua fulminaque attritu arenae sese affricantis." Dies sind Meinungen des Asklepiodotus, in denen die Wirkungen der Reibungselektrizität deutlichst ausgedrückt sind.

[3] (S. 486.) Dr. Chanca läßt den Kolumbus bloß sagen: Llegamos á la isla hácia la parte de una gran montaña que parecia que queria subir al cielo, en medio de la cual montaña estaba un pico mas alto que toda la otra montaña, del cual se vertian á diversas partes muchas aguas. Mas a cerca vídose lo cierto, y era la mas hermosa cosa del mundo de ver de cuan alto se despeñaba é de tan poco logar nacia tan gran golpe de agua. Navarrete, Coleccion de los Viages y Descubrimientos de los Españoles T. I, p. 201.

[4] (S. 487.) Der lebendige Zeuge der Konquista, Gonzalo Fernandez de Oviedo, dessen großes Werk der Historia general y natural de las Indias wir endlich nach drei Jahrhunderten durch den rühmlichen Eifer der spanischen Akademie vollständig vor uns sehen, hat allerdings eine umständliche Schilderung der großen Wasserflut gegeben, welche in der Nacht vom 10. zum 11. September 1541 die Stadt Guatemala zerstörte; sie verweilt aber mehr bei persönlichen und örtlichen Szenen, als daß sie den Ursprung des schrecklichen Phänomens (tormenta de agua.

tormenta, huracan, tempestad genannt) genau erkennen ließe. — Da es noch ganz an unmittelbaren Messungen der ewigen Schneehöhe in Centralamerika fehlt, und die beiden Vulkane (de Agua und de Fuego) nach Poggendorffs Berechnung der vom Kapitän Basil Hall genommenen Höhenwinkel sich 2050 Toisen (3995 m) über das Meer erheben, auch die Stadt Guatemala nur 4° südlicher als die großen Vulkane von Mexiko liegt, so ist hier zu erinnern, daß nach meinen Untersuchungen unter dem Parallel von 19° die mittlere Grenze des ewigen Schnees allerdings in 2313 Toisen (4506 m) Höhe liegt, daß aber sporadisch Schnee bis 1200 Toisen (2340 m) fällt. Unter dem Aequator, in den vulkanischen Kordilleren von Quito, wo die Höhe des ewigen Schnees 2475 Toisen (4824 m) ist, fällt sporadisch Schnee nur bis 1875 Toisen (3654 m). Dies sind Mittelzahlen von vielen meiner Messungen, und deshalb muß den Resultaten die Angabe von einzelnen Toisen verbleiben.

[5] (S. 487.) Der Vulkan von Tolima, ein abgestumpfter Kegel, scheint mir der höchste Berg in der nördlichen Hemisphäre zu sein, nach meiner trigonometrischen Messung bei Ibague hat derselbe 17010 Par. Fuß (5584 m). Dem Tolima kommen am nächsten die mexikanischen Gipfel Popocatepetl (nach mir 16632 Fuß = 5420 m) und Orizaba (nach Ferrer 16776 Fuß = 5450 m). Nach der genauen Arbeit des Astronomen Julius Schmidt zu Olmütz, welche einer vortrefflichen Abhandlung von Carl Heller angehängt ist, ergibt das Mittel aus 6 Messungen für den Popocatepetl 2775 Toisen oder 16650 Fuß = 5408 m (Differenz von meiner frühesten Messung 4 Toisen = 7,8 m), für den Vulkan von Orizaba, den Herr Heller noch hat rauchen sehen, 2767 Toisen oder 16602 Fuß (5393 m), also 30 und 50 Fuß (9,7 und 16,7 m) Differenz von Ferrers und meiner trigonometrischen Messung aus großer Entfernung. — So ist der Zustand der Hypsometrie im tropischen Amerika geblieben seit mehr als einem halben Jahrhundert, seit meinen und Ferrers Arbeiten!

[6] (S. 487.) Relation de l'éruption boueuse du Volcan de Ruiz par le Colonel Joaquin Acosta in den Comptes rendus de l'Acad. des Sc. T. XXII. 1846. p. 709: „Toute la population de la vallée de Lagunilla périt. D'énormes blocs de glace étaient descendus de la Cordillère en telle abondance qu'ils n'étaient pas encore entièrement fondus malgré la température élevée de 26° à 28° de ces lieux. Cette masse de glace venait d'une hauteur de plus de 4800 mètres, car telle doit être la limite inférieure des neiges perpétuelles sous cette latitude. C'est la première fois de mémoire d'hommes que les habitans des bords embrasés de la Madeleine avaient vu de près de l'eau solidifiée par le froid. Ce fut un spectacle surprenant de voir les eaux tièdes de la Madeleine charrier de la glace.“

7 (S. 488.) „Par le mélange de la pluie et des cendres volcaniques il se forme dans l'air des espèces de pisolites à couches concentriques que j'ai trouvées sur le plateau d'Hambato parmi les anciennes éjections du Carguairazo, analogues à ce que les habitans de Quito appellent naïvement *grêlons de terre* et que Monticelli et Covelli (Storia del Vesuvio degli anni 1821 à 1823, p. 94—98) ont décrit avec beaucoup de sagacité. La ville d'Hambato, depuis la Catastrophe du 19 Juillet 1698 jusqu'à celle de Riobamba du 4 Février 1797, a été détruite 8 fois et toujours reconstruite dans le même site." Humboldt in den Annales de Chimie et de Physique T. XXVII, 1824, p. 125.

8 (S. 489.) Weder Oviedo noch Garcilaso, noch Cieza de Leon, der schon im 13. Jahre (also 1531) nach Amerika kam, noch der merkwürdige Brief, welchen Pedro de Alvarado selbst den 15. Januar 1535 an seinen Kaiser über die Expedition nach Quito schrieb und von welchem der vortreffliche Prescott eine Abschrift hat benutzen können, nennen einen bestimmten Vulkan.

9 (S. 489.) Reste liegen gebliebener, durch Hindernisse aufgehaltener Trümmerzüge habe ich selbst am Cotopaxi bei dem Löwenberge (Pumu-Urcu) gefunden.

10 (S. 490.) Dr. Karsten, in seiner interessanten Abhandlung über die geognostischen Verhältnisse Neugranadas, 1856, S. 92, sieht als Ursache der sogenannten Fischauswürfe des Imbaburu die Ueberschwemmung des nahen Sees an, welche durch eine vom Vulkan in den See herabstürzende Felsmasse veranlaßt wurde. Die dem See eigenen Preñadillen blieben faulend liegen, als die Wasser sich zurückgezogen hatten.

11 (S. 490.) Also 2800 Fuß (910 m) höher als nach einer Arbeit, die der scharfsinnige Physiker und Geologe Ramond für mich unternommen hatte, über das Maximum der Höhe, auf welcher die Seen in der Kette der Pyrenäen von Fischen belebt sind. „Le *Salmo fario* (la truite commune) et le *Salmo alpinus* (la truite noire) vont jusqu'a 1770 toises de hauteur, jusqu'au lac d'Escoubous; au dessus de ce lac, p. e. au lac d'Oncet, au pied du Pic de Midi à 1187 toises d'élévation, il n'y a plus de poisson par les $42\frac{1}{2}^0$ à 43^0 de latitude. Le poisson manque là où, comme dans les lacs supérieurs de Néouvielle, lex eaux ne dégèlent que durant un mois ou deux. Les poissons ne peuvent vivre dans des lieux où les eaux sont privées de l'influence de l'aire atmosphérique."

12 (S. 492.) „Miranda in hac catastrophe evenerunt fenomena," sagt der Abad Cavanilles in seinem Prachtwerke (Icones Plantarum, quae aut sponte in Hispania crescunt, aut in hortis hospitantur Vol. V, 1799, Praef. p. II). „Prope Pelileo urbem mons erat mirae magnitudinis *La Moya* nuncupatus, qui oculi ictu ruit, eodemque

temporis momento flumen ingens vomit conspurcatae ac fetidissimae aquae quod urbis vestigia penitus delevit, superstitesque cives volutavit arripuit sepelivit.“ Es gab keinen Berg dort, der Moya oder Cerro de la Moya hieß. Im Texte habe ich die indischen Namen der Gegend, welche ich mit der Bussole aufnahm und zeichnete, mitgeteilt. Nach Cavanilles waren die drei größten Erdstöße, welche die Provinz verheerten, am 4. Februar 7¾ und 10 Uhr morgens, wie an demselben Tage nach großem unterirdischem Geräusch (ruido) um 4 Uhr nachmittags. Den ganzen Februar und März gab es schwache Erschütterungen, bis am 5. April um 2¾ Uhr morgens die Erde wieder furchtbar erbebte. Nach vielen Nachrichten, welche ich auf dem Wege von der Villa de Ibarra nach Riobamba und Pelileo sorgfältig von Augen- und Ohrenzeugen (von Januar bis Juli 1802) eingesammelt und in meine wohlerhaltenen Reisetagebücher eingetragen habe, ist der oben genannte berühmte ruido am 4. Februar 1797 gar nicht im Sitze der Hauptzerstörung selbst, im alten Riobamba, auch nicht in Llactacunga oder Hambato, sondern nur nördlicher in den Städten Quito und Villa de Ibarra vernommen worden, und zwar 15 bis 20 Minuten nach dem großen Erdstoß, welcher in den beiden letztgenannten Städten von gar keinem Getöse (ruido oder bramido) begleitet war. Dieser wichtige Umstand scheint meine alte Behauptung zu bekräftigen, daß das ganze Hochland um Quito gleichsam als ein einziger vulkanischer Herd zu betrachten ist, dessen einzelne Oeffnungen wir mit eigenen Namen (Pichincha, Cotopaxi, Tunguragua ꝛc.) zu bezeichnen gewohnt sind.

[13] (S. 495.) Die Breiten der Vulkane von Antuco und Maypu sind dem Werke von Gilliß entlehnt, aber die von dem amerikanischen Astronomen im Texte gegebenen Breiten weichen sehr von denen der angehängten Karten von Pissis und Allan Campbell ab. Nach diesen liegt der Vulkan Maypu in lat. 33° 46′, also einen halben Grad nördlicher.

[14] (S. 496.) Zur Erinnerung an den Ausbruch des Vesuvs am 17. Dezember 1631 ließ der Vizekönig Fonseca y Zuñiga, Graf von Monterey, eine Inschrift in Portici aufstellen, in der die Worte vorkamen: jam, jam erumpit, mixtum igne lacum evomit. Auch der isländische Vulkan Oeräfa, dessen östliche Kuppe Knapprfellsjökull heißt, ist wegen seiner Wasserausbrüche bekannt, die aber nach Sartorius von Waltershausen nur dem plötzlichen Schmelzen von Eis und Schnee zuzuschreiben sind.

[15] (S. 497.) Ich erinnere, daß es drei Vulkane mit Namen Merapi (in dessen hinterem Teile man das malaiische Wort âpi Feuer vermuten sollte) gibt, deren einer auf Sumatra (8980 Par. Fuß = 2917 m) und zwei auf Java liegen: der Merapi bei Dschokdschokarta (8640 Fuß = 2807 m) und am östlichsten Ende der Insel der Merapi-Idjen, ein kraterloser höchster Gipfel (8065 Fuß

= 2620 m) des großen Vulkanes Idjen. (Im Profil II ist Merapi-Idjen zu 8500 Fuß = 2760 m angegeben.) Die Schlammvulkane von Java, unter welchen der von Purunwadadi, nahe bei den jod- und bromhaltigen Wässern von Kuwu, durch die von Ehrenberg aufgefundenen Polygastern und Phytolitharien berühmt geworden ist, haben nach dem Zeugnis des eben genannten großen Naturforschers sehr wahrscheinlich jene wunderbaren, teilweise gestielten und geschwänzten, hohlen Kügelchen und Eisenblasen hervorgebracht, die am 12. November 1856 auf dem Schiff Josika Bates 60 geogr. Meilen (445 km) südöstlich von der Insel Java in der Südsee als Meteorstaub aufgesammelt wurden. Ganz ähnliche hohle Kügelchen sind auf der Halbinsel Apscheron (Baku) nach Lenz bei dem großen Flammenausbruch der Salse von Baklichli am 7. Februar 1839 als vulkanische Asche ausgestoßen worden. (Eichwald in Humboldts Asie centrale T. II, p. 513: il fut lancée dans l'air une prodigieuse quantité de petites sphères creuses, semblables à la menue dragée avec laquelle on tue les petits oiseaux."

[16] (S. 501.) Dana leugnet, sich auf Augenzeugen berufend, alle Erscheinungen von Flammen bei den großen Eruptionen des Lavapfuhls von Kilauea: „Flames as actually seen were called in to give *vividness* to the description."

[17] (S. 502.) Was ist ein bisweilen nächtlich gesehenes Leuchten der Gipfel von Bergen, welche aus ganz unvulkanischem Granit- oder Kalkflözgestein bestehen und auf denen das Gras nicht angezündet ist, nach den Aussagen der anwohnenden Indianer? Es wird behauptet vom Cuchivano bei Cumanacoa, und am oberen Orinoko am Duida und Guaraco.

III.

Reihung der Gebirgsarten, durch welche die vulkanische Thätigkeit zerstörend, bildend und umwandelnd gewirkt hat und noch zu wirken fortfährt, unterseeisch und in der jetzigen Feste. Innere Gestaltung oder räumliche Individualisierung (Gewebe) und mineralogische Zusammensetzung. (Konstante Association gewisser einfacher Mineralspezies.) — Altersfolge: aus der Auflagerung, dem Durchbruch, oder aus dem Inhalte versteinerter Organismen (Fossilien) aus dem Tier- und Pflanzenreiche geschlossen. — Formationen: periodisch alternierende Wiederkehr derselben Schichten. — Geognostischer Horizont. — Vier Entstehungsformen der Gebirgsarten: a) endogenes oder Eruptionsgestein, plutonisches und in engerem Sinne vulkanisches genannt; b) exogenes oder Sedimentgestein, c) metamorphosiertes, d) Konglomerate und Trümmergestein.

Die ältesten geognostischen Betrachtungen, zu denen wir, die religiösen Traditionen der Völker ausschließend, aufsteigen können, lassen sich in dem dauernden Reflex wiedererkennen, den sie auf die Benennungen ausgeübt haben, welche man in der Wissenschaft bis zu der neuesten Zeit großen Abteilungen der Gebirgsmassen gegeben hat. Die bleibenden Spuren der Umwandelungen, welche im Laufe der Jahrtausende die trockene, dem Menschen bewohnbare Feste erlitten hat, die Ansicht von Versteinerungen von Meerkorallen (sogenannten Fossilien) in den Steinbrüchen von Syrakus, ja von Fischen im Marmor von Paros, leiteten bei den Hellenen Xenophanes von Kolophon (Ol. 60) und die eleatische Schule auf die Verallgemeinerung der Ansicht, daß die ganze Erdrinde früh vom Ozean bedeckt war. Strabo, aufmerksam auf die oft veränderten Grenzen zwischen Meer und Land, dachte sich nicht bloß viele kleine und große Inseln, sondern auch ganze Kontinente aus dem Meere durch Anschwellung und Erhebung seines Bodens emporgestiegen. Apulejus von Madaura schrieb die Muschel-

versteinerungen, die er in Nordafrika in den gätulischen Gebirgen sammelte, der Deukalionischen Flut zu, welche er demnach ebenso allgemein glaubte, als die Hebräer die Noachidische und die Mexikaner im Aztekenlande (Anahuac) die Flut des Coxcox.[1] Entgegengesetzt diesen alten Zeugnissen neptunischer Sedimentbildungen hatten sich gleichzeitig und vielleicht noch früher der typhonische Kaukasusmythos und die Idee des Pyriphlegethon als der gemeinsamen Quelle der vulkanischen Thätigkeit wie der Entstehung aller Brandländer verbreitet. Die Laven (οἱ ῥύακες) und vulkanischen Schlacken, alle Feuerströme, „wo auf der Erde sie sich finden mögen", sind Teile des Pyriphlegethon. Typhon, der tobende Enceladus, ist in griechischer Volksphantasie eine Bezeichnung des Centralfeuers, einer unbekannten, im Inneren der Erde liegenden Ursache vulkanischer Erscheinungen. Man erkannte den räumlichen Zusammenhang einzelner vulkanischer Systeme, von der pithekusischen Insel Aenaria (Ischia) bis Cumä (Phlegra) und Sizilien, die Abhängigkeit einer gewissen Klasse der Erdbeben in Griechenland von den Lavaausbrüchen des Aetna, welche das innere Pneuma (die Kraft der Dämpfe, die man mit der des unterirdischen Windes verwechselt) veranlaßt. Der Glaube an das Centralfeuer wird auch im 3. Jahrhundert von dem heiligen Patricius, Bischof von Pertusa, in seiner Erklärung der heißen Quellen bei Karthago deutlich ausgesprochen, indem er sagt: die Wasser, welche von dem unterirdischen Feuer entfernter sind, zeigen sich kälter als die, welche nahe demselben entquellen.

So finden wir im Altertum bei Betrachtung der Erdschichten herausgehoben den Kontrast zwischen Wasser- und Feuerbildung, ganz als Vorklang unserer frühesten Einteilung in neptunisches und vulkanisches Gestein, aus dem Wasser niedergeschlagenes, organische Meerprodukte enthaltendes Sediment- und eruptives Gestein, so exogene und endogene Gebilde meiner alten spanischen Pasigraphie vom Jahre 1803 entsprechend. Das endogene oder Eruptivgestein, welches Sir Charles Lyell später (1833) sehr charakteristisch hypogene oder nether formed rocks nennt, umfaßt zwei Klassen: die eigentlichen vulkanischen (oder trachytischen, basaltischen und Phonolith-) Gebirgsarten, und die plutonischen Gebilde (d. i. Granit und Gneis, Hypersthenit, Melaphyre und quarzfreie Porphyre). Da es in dem lateinischen Mittelalter Sitte geworden war, feuerspeiende Berge

nicht Sitze des Typhon oder des Pluton zu nennen, sondern allgemein Sitze des Hephästos, des Vulkan der Römer, so blieb der neuen Geologie für die zuletzt genannte zweite Klasse eruptiver Formationen nur der Ausdruck plutonisch übrig.

Das unterirdische Reich des Pluton ward im frühesten Altertum als Reichtum[2] und Segen bringend (πλουτοδοτήρ und πλουτοδότης) bezeichnet, und insofern nur in beiden Kontinenten großer Gold- und Silberreichtum den Lagerstätten inwohnt, die dem Gneis und quarzfreien Porphyr angehören, findet sich die Wahl der Benennung plutonischer Gebilde gleichsam mythisch gerechtfertigt. Die Beziehungen der Thätigkeit feuerspeiender Berge auf die unbekannte Ursache der Thätigkeit selbst konnten fast mit gleichem Rechte auf die Ausdrücke plutonisch, vulkanisch und typhonisch führen. Der älteste Name des Pluton war Hades (Ἅδης): Sohn des Saturn und der Rhea, Bruder des Zeus; ja Pluton wurde selbst ein unterirdischer Zeus (Ζεὺς χθόνιος) genannt, nach dem Unterschiede, der laut Pherekydes aus Skyros orphisch zwischen Chthon und Gäa herrscht. In dem alttheologischen Begriff des Hades sind gleichzeitig zwei Prinzipien verbunden: ein wohlthätiges, fruchtbringendes, Reichtum an Cerealien und metallischen Schätzen aus seinem tiefen Schoße dem ersten Menschengeschlechte darbietend, und ein furchtbares Prinzip, richtend und rächend in dem düsteren Tartarus. Die Benennung Πλούτων scheint erst spät dem Herrn der Unterwelt beigelegt worden zu sein. „Ich kenne," sagt ein tiefer und philosophischer Kenner des Altertums, Böckh, „kein Beispiel dieser Benennung, welches höher hinaufginge, als in die Zeit der Tragiker; Sophokles, Euripides, Platon sind die ältesten Zeugen, die ich kenne, denn eine Stelle im Prometheus des Aeschylus kann nicht mit Sicherheit dahin gezogen werden."

Eine minder abstrakte, man könnte sagen sinnlich einfachere Vorstellung als die des Pluton bot das Wort Feuer, analog dem selbst Metalle schmelzenden Schmiedefeuer, dar, und leitete so auf Hephästus oder Vulcanus, den Gott des Feuers. In Stellen der griechischen Dichter wird nicht selten das Feuer selbst oder die Flamme Hephästus genannt. Das Wort wird synonym für πῦρ gebraucht. Ebenso gilt bei den Römern, vorzüglich den Dichtern, das Wort Vulcanus für Feuer, im Plautus sogar für das Feuer

(Licht), welches in einer Laterne getragen wird. Die feuerspeienden Berge selbst wurden aber nicht Hephaestoi, nicht Vulkane, sondern Werkstätte des Hephästus oder des Vulkan genannt. Der Uebergang von dem Namen des Werkmeisters in allen Künsten, welche der Hilfe des Feuers bedürfen, auf das Lokal der Werkstätte, auf den Berg selbst geschah, wie wir bald zeigen werden, erst in der letzten lateinischen oder vielmehr romanischen Periode des Mittelalters. Zugleich ist auch hier noch zu bemerken, daß der Name des Gottes des Reichtums, Plutos (Πλοῦτος), Sohnes des Jasius oder Ἰασιων und der Demeter, älter ist als die Benennung des Pluton (Πλούτων) für Hades, den Herrscher der Unterwelt.[3]

Es ist eine glückliche Folge des wissenschaftlichen Forschungsgeistes gewesen, der seit dem Ende des 15. und im Anfang des 16. Jahrhunderts, in den Zeiten der ersten Entdeckungen von Amerika, in Italien, dem baulustigen, gewerbthätigen und versteinerungsreichen Lande, ausbrach, daß dort die frühesten geologischen Betrachtungen der Lagerungsfolge von Sedimentschichten zugewendet wurden, und im allgemeinen damals schon zu Resultaten führten, die mit denen unserer jetzigen Geologie merkwürdig übereinstimmen. Umgebung und lokale Verhältnisse üben oft einen erkennbaren und dauernden Einfluß auf die Richtung und Entwickelung einzelner Wissenschaften aus. Ich habe schon in den wenigen Blättern, welche ich der Geschichte der Weltanschauung widmen konnte, der scharfsinnigen Naturbeobachtungen erwähnt, die sich dem alles umfassenden Genius von Leonardo da Vinci darboten bei Eröffnung von neuen Steinbrüchen und bei Anlegung von Kanälen, die das lombardische Schuttland und die Tertiärschichten durchschnitten, dem Girolamo Fracastoro beim Anblick der Steinbrüche um Verona unfern der Citadelle von S. Felice, und der an fossilen Fischen so reichen Gesteinschichten des Monte Bolca, der vereinten Kräfte des englischen Arztes Martin Lister und des berühmten dänischen Anatomen Nikolaus Steno (Stenson) am großherzoglichen Hofe von Toscana. Lister sprach schon aus, daß jede Gesteinschicht durch eigene Fossilien charakterisiert werde, daß aber trotz großer Formähnlichkeiten doch die Produkte der jetzigen Meere bei genauer Vergleichung sich ganz verschieden von den fossilen, die er aufgefunden, zeigten. Es ist zu beklagen, daß diese richtigen Naturansichten bei dem geistreichen Manne, der auch

das unbestrittene Verdienst hat, schon im Jahre 1681 den ersten Vorschlag gemacht zu haben, geognostische Karten von England entwerfen zu lassen, durch wunderliche, ganz naturwidrige Hypothesen über den Prozeß der Versteinerung und die plastischen Naturkräfte verunstaltet wurden. In den wichtigen posthumous Works von Robert Hooke ist dagegen das Unphilosophische einer solchen Annahme von Naturspielen und der sogenannten Naturversuche,[4] organische Gebilde im Reiche der Fossilien nachzuahmen, siegreich entwickelt, auch zum erstenmal die, damals den Theologen sehr verhaßte Lehre von untergegangenen Tiergeschlechtern aufgestellt. Steno,[5] in seinem merkwürdigen stratigraphischen Werke: De solido intra solidum naturaliter contento 1669, unterschied zum erstenmal die Gebirgsarten, welche keine Spuren eingeschlossener organischer Reste darbieten und die er deshalb für die ältesten Formationen hielt, von den jüngeren Schichten, deren jede einzelne er aus einer darüber stehenden Flüssigkeit abgesetzt (niedergeschlagen) nennt („turbidi maris sedimenta sibi invicem imposita" sind Stenos Worte). Diese Sedimente waren nach ihm ursprünglich alle horizontal, und erst in der Folge senkrecht aufgerichtet, oder unter verschiedenen Fallwinkeln geneigt durch den Einfluß ausbrechender Dämpfe, welche die Centralwärme (ignis in medio terrae) erregt, oder durch Nachgeben zu schwach unterstützender unterer Schichten. Leibniz dagegen, in seiner vulkanischen Protogaea, erklärt die Neigung der horizontal abgesetzten Schichten gegen den Horizont durch die Existenz unterirdischer Höhlen und den Abfall in dieselben. Der scharfsinnige Botaniker Fabius Colonna zu Neapel und Steno zu Florenz waren die ersten, die unter den fossilen Schaltieren unterschieden, welche ursprünglich dem Meere, welche dem Wasser angehört haben.

Es ist eine historische Frage wohl nicht zu übergehen, die ich kaum je berührt, ja noch weniger mit Sicherheit gelöst finde. Zu welcher Zeit ist in dem Latein des Mittelalters oder in den romanischen Sprachen das Wort Vulkan zuerst für feuerspeiende Berge gebraucht worden? Bei denen auf Lemnos und Hiera, auf Sizilien und in Unteritalien wird im Altertum allerdings immer an Hephästus (Vulkan), nicht an Pluto, gedacht. Plinius (lib. III no. 92 Sillig) sagt im allgemeinen von den Aeolischen Inseln: „Hephaestiades a Graecis, a nostris volcaniae

dictae.“ Hephaestii montes finden wir ebenfalls in Lykien, Vulcani domus nennt Virgil die Insel Lipara; dagegen sind, wie wir schon oben berührt haben, die Plutonien heiße Dampfhöhlen, Eingänge zum Hades, oft mit Charonien verbunden. (Strabo lib. V, p. 244, XII, p. 579, XIII, p. 629, XIV, p. 636 und 649.) Ortsnamen, dem Pluto heilig, sind sehr selten. Doch wird in einem Scholion des Proclus bei der Mythe der Atlantis eine der Inseln des Aeußeren Meeres dem Pluto geheiligt genannt.

Wenn nun aber auch im Altertum unbestreitbar der Begriff feuerspeiender Berg an den des Vulkan geknüpft war, so wurde eine solche Verknüpfung sprachlich (s. oben S. 510 bis 511) doch immer nur als Werkstätte des Feuergottes als ein ihm geweihter Ort bezeichnet. Der Uebergang des Namens des Feuergottes zu allen entzündeten Bergen gehört dem späteren romanischen Mittelalter. In dem 7. Bande des 1819 bis 1826 zu Bologna herausgegebenen großen Dizionario della lingua italiana wird (p. 406) zu der Bedeutung von vulcano als feuerspeiender Berg unter den Belegen auch die Stelle von Giovanni Bottari angegeben: Montagne gettanti fuoco, che prima da' Naviganti Portoghesi e poi cumunemente da tutti Vulcani le appellarono. Allerdings waren die kühnen katalanischen Seefahrer unter Anführung von Don Jayme Ferrer schon 1316 an den Rio de Ouro (Br. 18° 40′), weit südlich vom Cabo de Non, wie 1365 nach dem Berichte von Villaut, Sieur de Bellefonds, französische Seefahrer von Dieppe bis nach Sierra Leone (Br. 8° 30′) und der afrikanischen Goldküste gelangt, aber diese Expeditionen im 14. Jahrhundert, auf welchen die Vulkane der kanarischen und Kapverdischen Inseln gesehen wurden, stehen vereinzelt da; erst im 15. Jahrhunderte, als Jean de Bethancourt 1403 einen Teil der Kanarien eroberte, als durch die lange andauernden Bemühungen des Infanten Dom Heinrich, Herzogs von Viseo, die berühmte Navigationsakademie zu Terça naval (Villa do Infante in Algarbien) 1418 gestiftet, der vulkanreiche Archipel der Azoren 1432 entdeckt und eine lange Reihe von Seefahrten längs der Westküste von Afrika eröffnet wurde, in welcher die von Alvise Ca da Mosto 1454 nach der Mündung des Senegal und Diego Cam (Cão) mit Martin Behaim 1484 bis 1486 die wichtigsten waren, wurde die Kenntnis der vulkanischen Thätigkeit und ihrer so verschiedenartigen Erscheinungen weit ver-

breitet und populär. Man fand ein Bedürfnis, sich eines kurzen Ausdruckes für die Berge zu bedienen, in denen Vulkan hauste. Der Gebrauch des Wortes Vulkan, welches A. W. von Schlegel von dem sanskritischen ulkâ, Feuerbrand, Flamme, vorzüglich feuriges Meteor, abgeleitet hat (vgl. Pott, Etymologische Forschungen T. I, 1833, S. 265 und Bopps Glossarium sanscritum 1847, p. 53), für den Berg selbst steigt vielleicht nicht höher als 80 bis 90 Jahre vor der Entdeckung von Amerika auf. In allen Schriftstellern der portugiesischen und spanischen Konquista wird das Wort durchgängig gebraucht als eine alte ganz gewöhnliche Benennung. Sahagun, Bernal Diaz, Gomara, Antonio de Herrera und viele andere nennen die feuerspeienden Berge Volcanes de Mexico, de Quito, de Popayan. Auffallend ist es, daß Bembo im Aetna dialogus, vielleicht aus strenger Reinheit der Sprache, das Wort vulcanus nicht anwendet. Wenn ich es vergebens gesucht habe bei Roger Baco, dem Kardinal d'Ailly (Petrus Alliacus), Gerson, Vincentius Bellovacensis und Dante, so war es mir um so auffallender, im Albertus Magnus (der um 1190 geboren wurde) folgende Stelle (über den Bimsstein) zu finden: „Inveniuntur lapides quidam tantae porositatis, ut natent super aquam, sicut lapides quos ejicit vulcanus“ (Liber de Mineralibus cap. VI, Tract. primi libri, ed. Venet. 1494). Hier ist das mythische Wesen fast mit dem Berge bildlich verwechselt.

Um die Gliederung und den inneren historischen Zusammenhang unserer geologischen Erkenntnisse schärfer zu ergründen, muß hier in Erinnerung gebracht werden, daß das Auffinden fossiler organischer Meerprodukte, in den Gesteinschichten eingeschlossen, früh und fast überall dieselben Fragen hervorrief, deren voreilige Beantwortung noch sichtbare Spuren in unseren jetzigen systematischen Einteilungen und der wissenschaftlichen Nomenklatur gelassen hat. Es handelte sich, wie bei Apulejus, um die Allgemeinheit der Deukalionischen Flut und ihre Wiederkehr, um das frühere Trockenlegen der höheren Erdteile und auf diesen um die Entstehung der ältesten Pflanzen- und Tiergattungen wie bei Trogus Pompejus,[6] um die Wahrscheinlichkeit der Annahme einer keim- und mutterlosen Zeugung (generatio aequivoca, spontanea, primaria), welche selbst in christlichen Zeiten den großen Augustinus, Bischof von Hippo,[7] beunruhigte, um die strenge Scheidung von fossilienreichen sekundären Gesteinsbildungen und den uranfänglichen

stets fossilienleeren, weil dieselben schon zu einer Zeit erhärtet sind, wo Erde und Meer noch ohne Pflanzen und Tiere waren. Von diesen Fragen rief eine die andere hervor, und der scharfsinnige Forscher, der die Verschiedenheit der Fossilien in aufeinander folgenden Schichten am lebhaftesten angeregt hatte, Nikolaus Steno,[8] war auch der, welcher unter den sechs von ihm angenommenen Epochen der Bodenbildung in Toskana die älteste Bildung aus einem Urmeere ohne Organismen vor deren Entstehung sich niederschlagen ließ, und hat so mit den späteren Targioni Tozzetti und Lazaro Moro am meisten zu der sich zwei Jahrhunderte lang erhaltenden Nomenklatur uranfänglicher und darum notwendig versteinerungsloser Gebirgsarten beigetragen. In der Chronometrik der Erdschichten, welche Hookes großer Geist schon geahnt hat, in der wir kühn neue Schöpfungen nennen die historischen Phänomene des Wechsels in den Organismen, habe ich, immer mehr und mehr den Eruptivcharakter des Granites und anderer endogener Gebirgsarten[9] anerkennend, ungefähr seit dem Jahre 1825 und 1826, gegen die Zeit, als ich in Paris und Berlin mit Vorlesungen über den Kosmos beschäftigt war, aufgehört, mich des Wortes uranfänglich zu bedienen. Die Zahl der Granite, Gneise, Glimmerschiefer und Syenite, welche durch Auflagerung den entgegengesetzten Charakter darbieten, hat sich ansehnlich vermehrt (Kosmos Bd. I, S. 179). Wir finden nach Charpentier und Lardy am Nuffener Passe (Studer, Geologie der Schweiz I, S. 96) zwischen dem oberen Wallis und Kanton Tessin granathaltige Glimmerschiefer, eigentlich Kalkglimmerschiefer mit Belemniten, wahrscheinlich einen unkristallisierten Liasschiefer, wie nach Escher ein ganz ähnliches Vorkommen an der Furka und nach Studer am Berge Lukmanier (Studer I, S. 241 und 376), nach Dufrénoy in den Pyrenäen im Thal Vicdessos Granit jünger als die Liasformation, ja selbst bei St. Martin de le Gly jünger als Kreide, nach Gustav Rose, Ehrenberg und Humboldt im nördlichen Asien, am oberen Irtysch silurischen Schiefer bedeckend; denselben nach Macculloch, Dechen und Murchison auf Arran auf fossilreichen Sedimentschichten ruhend, ohne den nahen Konglomeraten Granitgeschiebe mitzuteilen; auf Sky am Ben-na-Charn Syenit auf Lias aufgelagert; nach Marzari Pencati das Kontaktphänomen eines syenitartigen Granites, der den Kalkstein der Juraformation bei Predazzo bei der Kaskade von Canzacoli in salinischen Marmor verwandelt.

Die Auflagerung des Syenites und Granites bei Weinböhla und Hohnstein auf Pläner und Quadersandstein in Sachsen ist nach Naumann und Cotta jedenfalls durch eine Ueberschiebung des starren Granites über die Schichten der Kreideformation entstanden, und dürfte daher nicht sowohl für eine neue Bildung des Granites, als vielmehr für das Ereignis einer großartigen Dislokation nach der Kreide zeugen. Dagegen sprechen die Erscheinungen im Voigtlande und bei Strehla entschieden für eine jüngere Bildung der dortigen Granite im Vergleich zu den angrenzenden Schiefern, gerade wie in Schottland, am Harze und am Irtysch. Die scheinbaren Einflüsse von Pläner im Granit von Zscheila bei Meißen sind von Gumprecht für späte Ausfüllungen von Klüften und Höhlungen des weit älteren Granites erkannt worden.

Die Abwesenheit fossiler organischer Einschlüsse in eruptiven endogenen Gebirgsmassen (plutonischen wie vulkanischen) berechtigt keineswegs zu dem Schlusse, daß ihre Ausbrüche, d. h. ihre Erscheinung an der Erdoberfläche, einer Zeit angehören müssen, in welcher das organische Leben der Meer- und Landpflanzen, der Wasser- und Lufttiere[10] noch nicht erwacht war. Die Abwesenheit solcher Einschlüsse ist Folge der endogenen Bildung in den heißen Tiefen der Erde, sei der Ausbruch, die Erhebung auch neuer als alle Kreidetiere. „Allerdings muß," wie ein geistreicher, vielumfassender Geologe sagt,[11] „mit Recht die ganze Reihe der sedimentären Formationen doch zuletzt von etwas getragen werden; die ältesten aller eruptiven Bildungen müssen eine Unterlage gefunden haben, über die sie sich ausbreiten konnten." Diese Unterlage kann freilich auch eine Granitschicht sein; aber kann man mit Gewißheit darthun, daß es eine von denen sei, die sich unserer Beobachtung darbieten? Wir gelangen hier an die Frage, welche die indische Urmythe berührt, an die Frage: worauf, wenn ein Elefant die Erde trägt und er selbst von einer Riesenschildkröte getragen wird, die Schildkröte ruht? Es ist wahrscheinlich, daß überall dieselbe plutonische Gebirgsart (Granit, Gneis, Glimmerschiefer, Porphyr) die Unterlage, nicht die Association derselben Mineralspezies sei. Fossilfreie Schichten sind nicht notwendig prozoisch, vor dem Erwachen des organischen Lebens in azoischen Zeiten gebildet. Die ältesten der untersilurischen Schichten, die von Bray Head und Wicklow in Irland, welche man ehemals würde kambrisch genannt haben, umwickeln einen Zoophyten

Oldhamia, nach seinem Entdecker, Professor Oldham, benannt,[12] von fast gleich hohem Alter, aber, wenngleich minder allgemein, selbst in die obere silurische Formation übergehend, sind sie Graptholithen.[13] Naumann äußert sich also in einem Briefe an mich mit dem ihm eigenen Scharfsinn und mit lobenswerter Vorsicht über das, was man primitive Formation nennen kann: „Ob eine solche," sagt er, „gegenwärtig irgendwo sichtbar zu Tage austritt, aus welchen Gesteinen sie besteht und wie sie gebildet werden? sind schwer zu lösende Fragen. Es ist möglich, daß ein Teil der geschichteten kristallinischen Silikatgesteine (Gneis, Glimmer- und Hornblendeschiefer) wirklich für primitiv zu halten sind; es ist aber gewiß, daß ganz ähnliche Gesteine von weit neuerer Bildung vorhanden sind. Weil diese letzteren teilweise metamorphosiert sind, so hat man auch die ersteren dafür erklären wollen. Es gehört nun einmal zu den Wagnissen der Geognosie, überall sogleich die Genesis der Dinge erklären zu wollen."

Die vormals uranfänglich genannten Gebirgsarten, Granit, Gneis und Glimmerschiefer, nach meinen Erfahrungen vorzugsweise die erstere, bewahren in der bei weitem größeren Zahl der Fälle ihres Hervortretens, selbst da, wo sie sehr neue Sedimentschichten durchbrechen, ihren wesentlich plutonischen Eruptivcharakter. Am vollkommensten ist dieser von Leopold von Buch, Hausmann, Murchison und Kjerulf im südlichen Norwegen unbezweifelt beobachtet worden; aber es gibt auch, wenngleich sparsam, in beiden Kontinenten Oertlichkeiten, in denen Glimmerschiefer und Syenit als umgewandelte (metamorphosierte) silurische, devonische und sogar spätere Sedimentschichten erkannt werden. Selbst in dieser Schrift, in welcher Anhäufung von unter sich analogen Einzelheiten vermieden werden muß, ist mehrmals von einem solchen zweiartigen Auftreten der plutonischen Formation die Rede gewesen. Hier genügt es, an die Zeugnisse geübter Beobachter, Charpentier, Escher und Brochant für die Schweiz, von Delesse und Elie de Beaumont für die Vogesen, von Friedrich Hoffmann für das Fichtelgebirge zu erinnern. In dem nördlichen Asien, in dem Teile des Altai, welcher sich vom schönen See von Kolywan durch die Platowsker Steppe über Buchtarminsk und Narym nach dem chinesischen Wachtposten Baty hin erstreckt, sieht man überall die Granite ganz unbegleitet von Gneis oder Glimmerschiefer auftreten. Unter welchem Drucke,

bei welcher Höhe der Temperatur von mit Säuren geschwängerten Dämpfen, oder ob in trockenem Erglühen diese Umwandlungen stattgefunden haben? wie oft ohne Aufnahme neuer Stoffe, bloß durch Veränderung der Association der vorher schon vorhandenen Bestandteile die Metamorphose vorgeht? leitet auf Fragen, zu deren allmählicher Lösung durch Anführung analoger Prozesse der wichtige und wohlthätige Einfluß der Chemie auf die Geognosie nahe Hoffnung gibt. Was man unter allen Zonen im silurischen und devonischen Sediment-Thonschiefergestein vorgehen sieht, bietet nie erkennbare Vorstufen solcher Erscheinungen dar, besonders wenn der Thonschiefer (von eingeschlossenen Lagern ist hier keine Rede) in seinem inneren Gewebe mit Kalkteilen gemengt wird, viel Glimmer und durch Imprägnation mit Feldspat (Fournets Feldspatisation) Talkplättchen, Chiastolith, Quarz, mehr oder weniger kohlenhaltigen Lydit[14] (Kieselschiefer) und Quarzmassen aufnimmt, in der Nähe eruptiver Porphyre selbst porphyrartig wird, sich (durch Verwitterung?) in zelligen Mandelstein verwandelt, ja durch eingewachsene Uralitkristalle, die oft einen Kern von Augit haben, minder blätterig in grünen Schiefer übergeht. Ein großes Licht hat auf diese Metamorphosen geworfen die glückliche künstliche Hervorbringung einzelner Mineralkörper, der Zinn- und Titanoxyde, des Apatits und der Topase von Daubrée, des Rubins von Gaudin, des Korund und Berylls durch den scharfsinnigen Ebelmen, der kleinen Quarzkristalle und des Korund wie 28 anderer Stoffe, die auf Gängen vorkommen, von H. de Senarmont auf nassem Wege, der früheren trefflichen Arbeiten von Mitscherlich, Berthier, Gustav Rose, Haidinger und Blum[15] nicht zu gedenken.

Ehe wir zu der speziellen Angabe der Gebirgsarten übergehen nach ihren vier Entstehungs- und Bildungsformen, als endogenen, vulkanischen oder plutonischen Eruptivgesteins, als Sedimentschichten, als umgewandelten oder metamorphosierten und klastischen Konglomeratgesteins, wollen wir noch einige Allgemeinheiten vorausschicken, Ansichten der vergleichenden Geologie,[16] welche der Anblick sehr verschiedenartiger Teile der Erdfläche in dem Beobachter hervorruft. Es sind zuvörderst zu unterscheiden in den nicht einfachen Gebirgsarten die bestimmten, immer wiederkehrenden Associationen gewisser Mineralspezies von den Lagerungsverhältnissen (Verhältnissen der Reihung), in denen die zusammengesetzten Gebirgsarten untereinander oder zu einfachen Gebirgsarten auftreten.

Die Identität der Association in der Gebirgsart ist nicht mit der Identität der Reihung selbst zu verwechseln. Die letztere bestimmt einen der Hauptcharaktere von Formationstypen; ich sage geflissentlich einen der Hauptcharaktere, denn ein ebenso wichtiges Kennzeichen ist bei petrographischer Aehnlichkeit einzelner silurischer, devonischer oder späterer Sedimentschichten die Identität eingeschlossener organischer Gebilde. Eine solche Identität führt auf den Begriff der Gleichzeitigkeit der Entstehung. Wesentliche Verschiedenheit der Fossilien trennt Formationen, welche petrographisch sehr gleich sind. Merkwürdig ist es, daß, um fast anderthalb Jahrhunderte voneinander getrennt, Steno einerseits und William Smith, Lamarck und Brogniart auf der anderen Seite die Formationstypen vorzugsweise nach den organischen Einschlüssen, dagegen Lehmann (1756), Füchsel (1762) und Werner (1774) diese Typen scharf aber unvollständig nach Lagerungsverhältnissen bestimmten. In den mittleren Sedimentschichten zwischen der Kohlenformation und dem Muschelkalk, von welchem die Juraformation 1795 bis 1799 noch nicht (Kosmos Bd. IV, S. 458) getrennt wurde, führten beide Einteilungsgründe (der wiederholt beobachteten regelmäßigen Auflagerung, selbst da, wo einzelne Glieder nicht ausgebildet waren, und der organischen Einschlüsse) ungefähr zu denselben Resultaten; ein Zeichen, daß zu denselben Zeitepochen sehr ähnliche Bedingungen des Druckes, der Temperatur, der lokalen chemischen Beschaffenheit einer absetzenden Flüssigkeit eine gewisse Uebereinstimmung petrographischer Struktur veranlaßten. Lehmann unterschied zuerst Flöz- und Ganggebirge, unter dem letzteren unbestimmten Namen plutonische Eruptivgebirge verstehend. Füchsel und vorzüglich mein großer, aber doch in seinem Gesichtskreis beschränkter Lehrer (Werner) haben sich das glänzende Verdienst erworben, den Begriff einer Formation in die Wissenschaft recht eigentlich eingeführt zu haben. Leider hielt Werner, was er Geologie nannte, für den träumerischen Teil seiner Geognosie.

Wie in den einzelnen Gebirgsarten, welche Teile des festen Erdkörpers sind, nach der Natur ihrer Bestandteile oder nach der Association derselben Mineralspezies unter den verschiedensten Breiten- und Längengraden sich vollkommen gleich bleiben (Stücke granathaltigen Glimmerschiefers, körnigen Labradors, Hypersthenfelses oder Phonolithes von der Andeskette sind nicht von denen Mitteleuropas und Nordasiens zu unterscheiden),

so bleiben sich auch gleich die Uebergänge ineinander und die Lagerungsverhältnisse ganzer Gebirgsschichten, der Aggregatzustand identischer, sehr zusammengesetzter Formationen in dem silurischen Systeme, der Trias, der kretacischen und Neokombildung. Eine solche Beständigkeit in der Uebereinstimmung (association constante) gewährt z. B. in der Beobachtung allmählicher Uebergänge der Gebirgsarten durch innere Entwickelung[17] auf weiten Reisen oft den überraschendsten Eindruck. Fremde Gestalten des Pflanzen- und Tierlebens bedecken einen Boden, der durch seine petrographische Beschaffenheit das Andenken an das Heimische freudig zurückruft. Eine solche Allverbreitung und Identität der Zusammensetzung und Gliederung mahnt an eine Entstehungszeit, in welcher der gespaltene und sich erhärtende Planet sich seine Klimate selbst gab, fast unabhängig von der Stellung einzelner Erdzonen gegen die Sonne als Centralkörper.

In zusammengesetzten Formationen sind die einzelnen Glieder, aus denen sie bestehen, entweder identisch oder parallel, d. i. ersetzen, da wo einzelne wesentliche Schichten unterdrückt oder ausgefallen sind. Zu unterscheiden ist bei dem petrographischen Wechsel aufeinander gelagerter heterogener Schichten der allmähliche Uebergang (man könnte sagen das Präludieren einer großen Veränderung), oder der Wechsel, die Alternanz, periodische Wiederkehr petrographisch absolut getrennter Schichten. Das Präludieren großer Veränderung, der Nähe einer verschiedenartigen Schicht besteht nicht immer in innerer Veränderung der Bestandteile, sondern in der Frequenz eingeschalteter Lager, die sich im unveränderten Gestein so oft wiederholen, bis sie das Lagergestein, die ganze aufliegende Gebirgsart selbst bilden. Wo Gneisgebirg ohne eingeschlossene Granitlager auf Granit folgt, wird diese Folge oft durch große Frequenz von Gneislagern im Granit verkündigt.[18] Das merkwürdigste Beispiel der periodischen Wiederkehr, des Abwechselns ganz heterogener Schichten hat mich in der mexikanischen Hochebene, nordwestlich von Guanaxuato auf dem Wege nach Ovejeras in Erstaunen gesetzt, wo mehrere tausend Schichten schwärzlichen Grünsteins mit ebenfalls nur 14 bis 16 Zoll mächtigen, weißlichen und sehr quarzreichen Syenitlagen abwechseln. In dem Syenit setzen Gänge von Grünstein, im Grünstein oft Gänge von Syenit auf.[19] In einer verwickelten Reihenfolge von exogenen Formationen ist zur sicheren Bestimmung des

relativen Alters und der Independenz einer Formation von großer Wichtigkeit das Auffinden einer Schicht, die weit verbreitet ist und zum geognostischen Horizonte dienen kann. Eine solche Schicht, deren Identität am sichersten durch organische Einschlüsse (Leitmuscheln) festzustellen ist, entscheidet vorzugsweise da, wo in versteinerungsleeren Schichten verschiedenen Alters große petrographische Aehnlichkeit herrscht.[20]

Formationstypen.

Wir fahren fort nach denselben Grundsätzen die endogen-eruptiven Formationen, und zwar sowohl die plutonischen (Diorit, Syenit, Granit, Porphyr, Hypersthen) als die echt vulkanischen Gebilde (Basalt, Phonolithe, Mandelsteine und Trachyte, letztere aus Gipfelkratern wie in der Ebene aus alten Erdspalten ergossen), aufzuführen. Diesen eruptiven Formationstypen lassen wir zunächst folgen die metamorphosierten Gebilde, nämlich die kristallinisch silurischen und devonischen Schiefer, welche zuerst zu Talk und Glimmerschiefern, und aus letzteren zu Gneis umgewandelt sind, dann Sediment- und Flözformationen, wie alle, hier nur ganz objektiv betrachtet nach der petrographischen Association ihrer Bestandteile, nicht nach ihrer Alters- und Entstehungsfolge, weil dieselbe Association besonders bei endogenen Formationen trotz des sehr verschiedenen Alters der Durchbrüche mineralogisch doch identisch ist, während daß der Freund, dem ich so oft und gern folge, Gustav Rose, in dem Eingange seiner geologischen Vorlesungen von 1854 die gesamten endogenen Gebirgsarten in vier Gruppen teilte, in die Granit-, Grünstein-, Trachyt- und Basaltgruppe, erkennbar einschließend Kristalle von Feldspat, Oligoklas, Kali- und Magnesiaglimmer, Hornblende, Augit, Labrador, Leucit, Nephelin u. s. w.

Die Metamorphose, welche die kristallinischen Schiefer, besonders die Gneisbildung, hervorbringt, bietet große Schwierigkeiten dar; so wie Eindrücke, welche die leichtflüssigeren Feldspatkristalle in dem strengflüssigeren Quarz hinterlassen,[21] und wo Granit neben dem Gneis hervorbricht, sieht man wohl auch den Granit faserig werden und scheinbar in Gneis übergehen. Da plutonische Gebirgsarten (Granite, Syenite und Quarzporphyre) von ganz gleichen Bestandteilen ein sehr verschiedenes relatives Alter haben, so veranlaßt das Hervortreten (Ausbrechen) endogener Gebilde eine große Komplikation in

dem Versuch einer Anreihung nach Altersfolge, der der versteinerungsvollen Flözschichten ähnlich. Auffallend ist es, daß die älteren und neueren endogenen (plutonischen und nichtvulkanischen) Gebirgsarten dieselben Mineralien als die vulkanischen einschließen. Die Granitgruppe z. B. enthält Feldspat, Oligoklas, Glimmer und Hornblende, wie so viele Trachytformationen, die Grünsteingruppe Labrador und Augit; denn der Hypersthen ist ja doch nur eine Abänderung des Augites. Die Oligoklase der älteren Gesteine sind gefärbt und nur an den Kanten durchscheinend, während die neueren ungefärbt, glasig und kalkhaltiger als der Oligoklas des Granites sind, weshalb (setzt Gustav Rose sehr richtig hinzu) nur eine geognostische Einteilung der Gebirgsarten, nicht eine chemische, wohl begründet ist. Albit ist in keiner Gebirgsart als Gemengteil enthalten; wo man ihn also aufführt, hat man ihn mit Oligoklas verwechselt.

Granit

und eine Abänderung desselben, als Granitit aufgeführt.

Die meisten Granitablagerungen, sagt Karl Friedrich Naumann in seinem klassischen Lehrbuch der Geognosie, sind offenbar von neuerer Entstehung als die silurische und die devonische Formation. Einige wenige derselben finden sich in Cornwall und auf der Insel Arran, ja am Harze, wo Murchison den Granit Kalksteinfragmente mit organischen Ueberresten hat einschließen sehen.

Granit hat Rose vom Granitit abgesondert. Es besteht der Granit aus Feldspat, gewöhnlich schwarzem oder gelblich-weißem, graulich-weißem Quarze, schwärzlich-braunem Glimmer und weißem Kaliglimmer, und dem Feldspat an Größe nachstehenden Oligoklaskristallen. Im Granitit fehlt der weiße Kaliglimmer, und der Feldspat ist gewöhnlich von roter Farbe. Unwesentliche Gemengteile des Granites sind Granat, Zirkon, Cordierit, Nephelin, Bucklandit, Titanit, Eisen- und Molybdänglanz. Hornblende ist, wenngleich unwesentlich, doch häufiger im Granitit als Granit. Der Granitit, leichter in ein porphyrartiges Gebirge übergehend, bildet die Hauptmasse des Riesen- und Isergebirges von Kupferberg bis Reichenberg. Wo er an den Granit grenzt, ist er scharf von ihm geschieden und nie in ihn übergehend. Der Granit mit beiden Glimmerarten ist im Riesengebirge sehr untergeordnet,

nur an der Südwestseite des Granitit vom Schwarzbrunner Berge im Osten von Gablonz bis nach Reichenberg, auch im Harz den Brocken bildend, während am Ramberg und Ziegenrücken Granit mit Kaliglimmer ansteht. Am Lago Maggiore in der Lombardei bricht die schöne Abänderung des Granitites mit fleischrotem Feldspat, schneeweißem Oligoklas und schwärzlich-grünem Glimmer. Der Granitit von Conquet, den ich im Meerbecken von Brest gesehen, ist der schönen Abänderung von Warmbrunn in Schlesien sehr ähnlich.

Wir haben hier geschildert den eigentlichen Granit. Das merkwürdige Granititgestein, welches mauerartig den malerischen Kolywanschen See umgibt, ist auch durch seine rötlich-weißen, 1 bis 2½ Zoll großen Feldspatkristalle, wie durch lauchgrünen und schwarzen Glimmer charakterisiert, mit etwas Hornblende und Titankristallen. Es wird nördlich gegen Barnaul hin durch Hornsteinporphyr, in Süden gegen Schlangenberg zu durch Porphyrkonglomerat begrenzt. Der Granitit ist dort mauerartig in fast horizontalen Bänken von wenigen Zollen bis 3 Fuß (1 m) Mächtigkeit abgeteilt. Diese unverkennliche Abteilung eines gar nicht gneisartigen Granitites rief mir die Beobachtungen zurück, welche ich fast 30 Jahre früher in Südamerika in den Küstenschichten von Venezuela (Caracas) über geschichteten Granit gemacht. Da auch andere merkwürdige physikalische Erscheinungen, wie die heißen Granitquellen, damit zusammenhängen, so will ich hier folgendes meinem Tagebuche entlehnen:

„Um aus dem reizenden Valles de Aragua von den Ufern des Sees Tacarigua (Laguna de Nueva Valencia) an die Seeküsten des Antillischen Meeres, zu den Aguas calientes de las Trincheras zu gelangen, steigt man gegen den Hafen von Portocabello ununterbrochen herab. Der senkrechte Niveauunterschied, barometrisch gemessen, beträgt aber nur 222 Toisen (423 m). Der Bach de la Trinchera hat seine Benennung von den Spuren der alten Befestigungen, welche die französischen Flibustier 1677 aufführten, als sie die Stadt Nueva Valencia plünderten. Der Bach ist in der Zeit der größten Trocknis noch 2 Fuß (60 cm) tief und 18 Fuß (6 m) breit. Die Temperatur des Wassers war 90,3° des hundertteiligen Thermometers, nach Boussingault aber im Jahre 1823 97°, und hier ist die höhere Temperatur die sichere Bestimmung. Nach den Quellen von Urijino in Japan (von 80° Reaumur) ist diese Granitquelle de las Trincheras de Portocabello

wohl die heißeste. Die Wasser sind stark (?) mit geschwefeltem Wasserstoffgas gemischt, und entspringen auf einem Hügel, der sich etwa 150 Fuß (48 m) über den Boden der Schlucht erhebt. Sie laufen gegen Nordwest. Man muß vermuten, daß sie früher mit Kalkstein in Berührung waren, denn wo sie verdampfen, hinterlassen sie kalkartige (?) Inkrustationen. Vielleicht sind sie mit den körnigen Kalksteinlagern (?) in Kontakt gewesen, die den Glimmerschiefern so eigentümlich sind. Wir waren erstaunt über die Anmut und den Luxus einer Vegetation von Arum, Fikus- und Clusiaarten, deren Wurzeln von Wasser zu 85° bis 79° Temperatur benetzt wurden, während daß dieselben Spezies kaum 40 Fuß (13 m) entfernt in einem feuchten Boden zu kaum 18° Temperatur vegetierten. Ganz nahe bei diesen 90° heißen Quellen entspringen andere, ganz kalte. Die Eingeborenen, welche diese Quellen als Heilmittel benutzen, konstruieren sich mit rankenden Lianen eine Art Gitterwerk, auf das sie sich nackt einige Fuß über der Oberfläche des Wassers lagern. Die Aguas calientes, mehrmals gestauet, bilden nahe an den Küsten bei ihrem Ausfluß ein von Cecropien und der niedrigen Cocos aculeata Jaq. umgebenes krokodilreiches Bassin. Der Granit der Trincheras streicht N. 52° Ost und fällt mit 30° bis 40° gegen Nordwest. Er hat zolllange Kristalle von rötlichem Feldspat und schwarzem Glimmer. Er ist in parallele Bänke von 2 bis 3 Fuß (0,6 bis 1 m) Dicke geteilt und von großkörnigem Gefüge, am sichtbarsten bei der Venta de Camburv, auch Casa de Islenga genannt. In der Nähe stand ein schöner blühender Stamm Parkinsonia aculeata, wahrscheinlich Rest einer alten indischen Pflanzung (Conuco); denn Plumaria und Parkinsonia haben wir nie in diesem Teile von Südamerika in wildem Zustande gesehen. Bald darauf gelangten wir in die Küstenvegetation von Avicennia und Rhizophora Mangle. Beim Herbarisieren fanden wir an einem blütenreichen Orte den Leichnam eines nur 9 Fuß (3 m) langen Krokodiles. Der scheußliche Moschusgeruch, welchen der Leichnam verbreitete, hinderte uns, den Rachen und die Zähne genau zu untersuchen. Nahe am Litorale erschien der, in Schichten geteilte, körnige Granitit am Flußufer noch einmal."

Wenn Boussingaults Thermometerbeobachtung 1823 fast 7° höhere Temperatur gab als die meinige von 1800, so ist die Ursache davon bloß in dem lokalen, zufälligen Zuströmen

von kälterem Wasser zu suchen. Eine mexikanische heiße Quelle nördlich von Guanaxuato, bei Chichimequillo, wo säulenförmiger Porphyr auf Syenit aufgesetzt ist, im Basaltkonglomerat ausbrechend, die Aguas calientes de Comangillas, habe ich zu 36,3° gefunden, also bis auf 0,7° Cent. der Angabe von Boussingault für las Trincheras gleich.

Die lange, fast wundersame Erfahrung, welche man in Europa von der Unveränderlichkeit der Temperatur und der chemischen Zusammensetzung der Thermalquellen hat, und neue sehr befriedigende Erläuterungen,[22] die ich meinem berühmten Freunde über die lokalen Verhältnisse der Aguas calientes de las Trincheras verdanke, machen es mir jetzt sehr wahrscheinlich, daß in 23 Jahren, von 1800 bis 1823, nicht durch Vorgänge im Tiefsten der Erde die Wasser sich um 7° Cent. mehr erhitzt haben, sondern daß die Temperatur von 90,3° Cent., die ich angab, statt der 97°, welche Boussingault später fand, durch einen Zufluß kälteren Wassers veranlaßt wurde, aus sehr oberflächlichen Nebenklüften, welche in der den Erderschütterungen so oft ausgesetzten Gegend sich öffnen und schließen. Die Eingeborenen haben mich selbst darauf aufmerksam gemacht, daß sie sich ihre Bäder durch Zuführung kalter Quellwasser aus der Nähe in Temperatur nach Willkür vermindern können. Auch ersehe ich aus dem neuesten Briefe von Boussingault, daß, da 1823 die Temperatur des ersten Beckens um volle 4,8° Cent. niedriger war, die des zweiten Beckens doch 2,9° höher als die Temperatur war, welche ich irrig für die der ganzen Quelle ausgab.

Als wir uns auf unserer sibirischen Expedition von Tobolsk und Kainsk nach dem Altai begaben, gelangten wir an den Kolywanschen See. Von diesem, mit horizontalen Granitmauern umgebenen See bis zur chinesischen Dsungarei, ja bis zum Dsaisangsee gegen Südost, in 150 geogr. Meilen (1100 km) Entfernung, erstreckt sich die Granitbedeckung mit der Gestaltung eines Eruptivcharakters, wie ich dieselbe nur in diesem Teile von Centralasien gesehen habe. Es erheben sich weit über die Platowsche Steppenebene hinaus in Osten, oft gereiht und also wohl auf Erdspalten ausgebrochen, teils kleine konische Hügel von mehreren hundert Fußen, besonders gegen die Senaja Sopka hin, teils zerstreute, sehr kleine, vielgestaltete Felsmassen, kaum 10 bis 12 Fuß (3,25 bis 3,9 m) hoch (Rose, Uralreise Bd. I, S. 524), in Form von Altären, burgartigen Ruinen und aufgerichteten Geschieben.

Solche niedrige Felsgruppen, zwischen denen Massengruppen stehen, bilden die Landschaft auf vielen chinesischen Tapeten von sehr geringem Werte. Die Felsen sind oft nicht zweimal höher als die musikmachenden und theetrinkenden Menschengruppen, die Rinder kleiner als die Felsen. Die Maler, welche die Zeichnungen zu solchen Tapeten anfertigten, mögen durch den Anblick ähnlicher Felsgegenden inspiriert worden sein. Bisweilen erscheinen die Ebenen wie ein vulkanisches Trümmerland, in dem die Lavaschichten aufgerichtet waren, alles, was wir untersuchen konnten, war anstehender Fels, mit unterem Gestein zusammenhängend. Der merkwürdigste Granitkegelberg, den ich je gesehen habe und der mir einen tiefen Eindruck gelassen hat (meine Zeichnung ist für Roses Reise Bd. I, S. 584 gestochen worden), endigt auf zwei Seiten mit zwei flachen, aber senkrecht an den Enden abgeschnittenen Verlängerungen, als wären es Seitenergießungen. Dieser Kegelberg, gewöhnlich Mochnataja Sopka, kirgisisch Biritau genannt, etwa 1400 Fuß (450 m) hoch über der Steppe, liegt im Norden von Buchtarminsk. Ich habe ihn erstiegen und im oberen Teile in der Länge ausgedehnt gefunden von SW nach NO. Der Biritau ist, wie alle anderen Granitkuppen dieser Gegend, in horizontale Bänke abgesondert, ebenso die Granitwände des Festungsgrabens in Buchtarminsk, aus denen Gänge in den Thonschiefer auslaufen, welche das Quergestein glimmerreich machen, als Kontakteinwirkung. Als wir von dem chinesischen Wachtposten Baty (mandschurisch Chonimailachu) zurückkehrten, schifften wir uns in Buchtarminsk ein auf gekuppelten und darum schwer landenden Booten. Auf der Schiffahrt zwischen Buchtarminsk und Ust-Kamenogorsk ist das Flußbette des großen Irtyschstromes so tief eingeschnitten, daß in dem deutlichsten Profile am rechten Ufer die Auflagerung der Granitbänke auf dem Thonschiefer sichtbar wird. Ich habe zwei meiner Zeichnungen dieser Profile stechen lassen (Rose, Ural und Altai, S. 611 bis 613). Renovantz und Hermann haben dieselbe geologische Erscheinung vor uns gesehen, der letztere aber scheint, wahrscheinlich aus Ehrerbietung vor der Uranfänglichkeit des Granites, fast an dem zu zweifeln, was er gesehen. Stundenlang ist bei der Flußschiffahrt die Ueberlagerung des in Bänke abgeteilten Granites über den fast senkrecht einschießenden Thonschiefer deutlich sichtbar. Mein Reisebegleiter Gustav Rose sagt sehr wahr in seinem Tagebuche: „Der Thonschiefer hat unter dem fast horizontalen

Granite eine wellige Oberfläche, erhebt sich bisweilen wohl 50 Fuß über den Wasserspiegel des Irtysch, bald senkt er sich bis auf einige Fuß zum Wasser herab, und die ganze Auflagerung würde bei einem etwas höheren Stande des Wasserspiegels gar nicht zu sehen sein. Alle diese wichtigen geologischen Erscheinungen sind nur sichtbar in dem rechten Irtyschufer, das linke Ufer, gleich steil und hoch, bestand nur aus Thonschiefer, ohne weder Ueberlagerungen noch Granitgänge im Thonschiefer zu zeigen. Wäre der Fluß nicht da, um das Bette einzuschneiden an der Grenze der beiden Gebirgsarten, so wäre hier das ganze Phänomen unbekannt geblieben." Nach der Mitte des Weges von Buchtarminsk nach Ust-Kamenogorsk hören die Granitfelsen und -Kuppen ganz auf, sichtbar zu werden. Der Thonschiefer, welcher nach Geblers gründlichen Untersuchungen in Chlorit und Talkschiefer umgewandelt wird zwischen den Flüssen Aigert, Topolowka und Akem, nimmt sowohl in Norden als in Süden der ätnahohen Gipfel von Katunja und Belucha ein Areal von 160 geogr. Quadratmeilen (8800 qkm), also einen 2½mal größeren Flächenraum als das ganze Harzgebirge, ein. Zu derselben metamorphosierten Formation von kristallinischen Schiefern gehören die Schneealpen des Kholsum, von denen man an einem Punkte des schönen Thales der Beresowka 17 schneebedeckte Hörner auf einmal erblickt. Auch die große Seltenheit des Gneises neben dem so häufigen Granit des Kolywaner Sees und in der chinesischen Dsungarei, wo man an dem rechten Ufer des Narym, von einer Unzahl kleiner Granitkegel begleitet, schmale lavaartige Granitmauern in die Ebene hervortreten sieht,[23] ist ein auffallendes geognostisches Phänomen. Die Granitmauern setzen allein fort und nehmen an Höhe ab, ja wo wir sie untersuchen konnten in abgerundeten Formen, fanden wir sie in einen feinkörnigen Diorit übergehend, ganz dem Diorit ähnlich, welchen wir am oberen Irtysch zwischen Sewernoi und Teklistowsk wahrgenommen hatten. Schon vor Ust-Kamenogorsk hörten alle anstehenden Felsen an den flachen Irtyschufern auf.

Die geschilderten Verhältnisse und ihre Analogie mit den Harzverhältnissen, welche auf den Zusammenhang devonischer Schiefer mit dem Brockengranit führen, erinnern fast unwillkürlich an die problematische Natur des Thonschiefers im östlichen Teile des Altai.

Wenn man berechtigt wäre, auch ohne schon erlangte

Kenntnis der eingeschlossenen Organismen, jeden Uebergangsthonschiefer, der in Grauwacke, Talk und Chloritschiefer übergeht, silurisch zu nennen, so würde ich nach Analogie des Harzes den Thonschiefer des östlichen Altai für devonisch halten, mannigfaltig von Granit- und Quarzporphyrgängen durchsetzt, und die Einwirkung des Kontaktes hat hier durch gefärbte Streifung zur Steinschleiferei Anlaß gegeben, welche herrlichen Granit und weiße Marmortafeln verarbeitet, den gestreiften, jaspisartigen Augitporphyr von Tscharysch, den grünen Porphyr der Rewennaja Sopka, den Aventurin von Bjelorezkaja, den roten und variolithischen Porphyr vom Korgon, dem antiken roten Porphyr und dem Elfdaler Porphyr vergleichbar und die Paläste in Petersburg schmückend.

— — — — — — — — — — — — — — — —
— — — — — — — — — — — — — — — — —
— — — — — — — — — — — — — — — — —
— — — — — — — — — — — — — — — — —

[Der Tod des großen Autors hat den Faden dieses Werkes abgeschnitten. S. die weiteren Worte am Ende der Anmerkungen S. 537. E. B.]

Anmerkungen.

[1] (S. 509.) Apuleji Opera omnia rec. G. F. Hildebrand (1842) T. II, p. 534: „Eo in tempore, quo me non negabunt in Gaetuliae mediterraneis montibus fuisse, ubi pisces per Deucalionis diluvia reperientur." (De Magia liber cap. 41.)

[2] (S. 510.) Pluto, nach dem orphischen religiösen Ideenkreise auch Hades genannt, hatte die Schlüssel der Erde in seiner Gewalt, um als Urheber der Fruchtbarkeit das Jahr mit Früchten zu segnen. Er ist Vorsteher alles im Erdinnern verborgenen Reichtums, so daß auch das Getreide, als Gabe des Hades, aus der Unterwelt dem ersten Menschengeschlechte heraufgesendet wurde.

[3] (S. 511.) „Soweit meine Nachforschungen reichen," sagt Böckh, „kann man keineswegs beweisen, daß die Benennung Πλούτων für Hades älter ist als die Annahme des Gottes Πλοῦτος; vielmehr scheint es wirklich umgekehrt. Plutos, der Sohn der Demeter und des Jasios, erscheint schon in Hesiods Theogonie Vers 969 auf dreimal umackertem Felde im fruchtbaren Kreta (also deutlich in Beziehung auf den Ackerbau, der den Reichtum gibt). Auch im Homerischen Hymnus auf Demeter kommt Plutos als Gottheit vor.

[4] (S. 512.) Die fälschlich so genannten Naturspiele (Adleraugen, Brillen-, Nieren-, Knollen- und Zungensteine) sind unter dem Namen von Morpholithenbildungen ein Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen meines scharfsichtigen Freundes Ehrenberg gewesen. Nach ihm sind diese Bildungen, zu denen auch die Absonderung des Basalts in gegliederte Säulengruppen gehört, amorphe, unorganische, den Kristallen völlig unähnliche, aber ebenso wie diese gesetzmäßige Formen mit Bildungsachsen und krummen Flächen, und daher mit den organischen sich nähernden Formen. Die von Ehrenberg 1839 mit dem Namen Morpholith belegten Bildungen sind oft irrig mit Mollusken und Polythalamien verwechselt worden.

[5] (S. 512.) Der berühmte Däne Niklas Stenson, geboren 1638, war erst Leibarzt des Großherzogs von Toskana, dann Professor der Anatomie in Kopenhagen, und als er zum katholischen Glauben überging, wurde er, nach Florenz zurückkehrend, als apostolischer Vicarius mit dem Titel eines Bischofs von Tityopolis, Erzieher eines Sohnes von Cosmo III.

[6] (S. 514.) Wenn ich in der Anmerkung 244 (Kosmos Bd. I, S. 336) der periodischen Terrassenphantasie des

großen Linné bei Gelegenheit der Behauptung des Trogus Pompejus gedacht habe, nach welcher die Hochebene von Asien, als zuerst in der Urwelt abgetrocknet, durch generatio primaria auch die ersten lebendigen Organismen erzeugt haben soll, so ist es in Bezug gewesen auf die kleine Abhandlung De tellure habitabili in Linnaei Amoenitates academicae (ed. Schreber 1787), Vol. II, p. 444, no. 45: „Sequitur vero jam Modus ostendendus, quo potuerint omnia Vegetabilia, in exiguo terrae tractu, invenire solum sibi conveniens, et Animalia quaeque clima quod desiderant.“ no. 46: „Si concipiatur Paradisus situs sub ipso Aequatore, simul quomodo hoc fieri possit hujus rei ratio concipitur; modo ponatur excelsum montem campos ejus laetissimos ornasse.“ Die pflanzengeographischen Beobachtungen Tourneforts am Ararat, an dessen Abhange wie bei allen sehr hohen Bergen die Klimate wie die Floren verschiedener Erdzonen übereinander gelagert sind, haben Linné auf eine Ansicht geführt, die wohl ein Zusammenleben von Tropen- und lappländischen Formen an einem Punkte, aber nicht die Verbreitung vom Aequator gegen die Pole erklären könnte. Der Einfluß der Hochebene auf Pflanzenkultur und Kälte des Klimas war übrigens den Alten sehr bekannt. „Auch in südlichen Erdstrichen,“ sagt Strabo, „sind die Berge kalt und überhaupt jeder Boden, wenn es auch eine Ebene ist.“ Ueber den seltenen Ausdruck ὀροπέδια s. meine Asie centrale T. I, p. 58—60.

[7] (S. 514.) Augustinus de Civitate Dei lib. XVI. cap. 7: „si per generationem spontaneam e terra exortae sunt bestiae,“ so war es ja unnütz, sie alle in einer Arche zu versammeln.

[8] (S. 515.) Das kristallographische und geognostische Werk des Steno, auf das Elie de Beaumont und ich erst in neuerer Zeit, kaum seit drei Jahrzehnten, die Aufmerksamkeit wieder gerichtet haben, ist nur der trostlos wortkarge lateinische Prodromus zu einem größeren, nie erschienenen Werke, welches nach dem Wunsche des Großherzogs von Toskana, Ferdinands II., Vaters von Cosmus III., italienisch ausgearbeitet werden sollte (De Solido p. 6.) Die älteste, unterste, ganz fossilienleere, uranfängliche Schicht wird also geschildert: „De prima terrae facie in eo quo Scriptura et natura consentiunt, quod aquis omnia tecta fuerint, Natura silet, Scriptura loquitur! Quod autem fluidum aqueum fuerit, quo tempore nec dum animalia et plantae reperiebantur, et quod fluidum illud omnia texerit, montium altiorum strata omni heterogeneo corpore destituta evincunt. Quod si vero supra primi fluidi strata quibusdam in locis alia strata reperirentur diversis corporibus (animalium et plantarum) referta, aliud inde non sequeretur quam supra strata primi fluidi ab alio quido nova strata deposita fuisse.“ (De Solido p. 69.) Ueber die Art des Wachstums, der Zunahme der Kristalle

nach Verschiedenheit der Lage ihrer Achsen s. p. 37—52 und die geometrischen Figuren 7, 13, 14 und 17. Ein vollständiger Auszug aus Stenos Prodromus findet sich in dem sehr zu empfehlenden Lehrbuch der Geologie, teilweise nach Elie de Beaumont, von C. Vogt, 1847, Bd. II, S. 384—392.

[9] (S. 515.) Die Ausdrücke endogen und exogen (im Erdinneren oder an der Erdoberfläche als Sedimente erzeugt) sind vom Jahre 1803, in Anwendung von geognostischen Profilen für die Hochebene von Mexiko (das eigentliche Anahuac) entstanden: s. Kosmos Bd. I, S. 316. Wenngleich dieser Band erst 16 Jahre nach meiner sibirischen Expedition, 1845, erschien, so wurden doch die Vorlesungen über die physische Weltbeschreibung, aus denen das Werk vom Kosmos entstanden ist, in der Berliner Universität schon im November 1827 gehalten; ja schon 1825 wurden, in dem Tableau des formations de l'Amérique méridionale, im dritten Bande des Voyage aux Régions équinoxiales p. 251. Granit, Gneis und Glimmerschiefer aufgeführt als terrains *vulgairement* appelés primitifs, mit dem Beisatz: „se vanter d'une stabilité d'opinion en Géologie, c'est se vanter d'une extrême paresse d'esprit, c'est vouloir rester stationnaire au milieu de ceux qui avancent.“

[10] (S. 516.) Ich erinnere durch diesen physiologischen Ausdruck an die schöne Stelle des Strabo, in der es heißt: „Die Vorsehung, der lebendigen Wesen Erzeugerin, bereitete, da der Mensch kein Wassertier, sondern ein Land- und Lufttier ist, auch vieles Lichtes bedarf, auf der (abgetrockneten) Erde viele Höhen und Tiefen.“

[11] (S. 516.) Leopold von Buch, als er kurz vor mir die Canzacoli bei Predazzo besucht und den Grafen Marzari Pencati, gegen dessen Verdienste er wenig gerecht war, sorgfältig vermieden hatte, schrieb mir am 14. November 1822 nach Verona, daß „wir die alte Annahme eines festen primitiven Bodens vor aller organischen Schöpfung ganz aufgeben sollten. Die Erdmetalloide müßten sich ja zu festen Massen verbunden haben, um den alten Meeresgrund zu bilden und die Flüssigkeit aufzunehmen, welche später Fische und Konchylien beleben sollten. Durch die Erscheinung (den Ausbruch) des roten Porphyrs entsteht die ganze Flözformation: zuerst das rote Totliegende, welches zerriebener Porphyr ist; dann das Kohlengebirge und die Kalkbildungen, die ich mir als Muschelbänke im Meere denke. Die Erscheinung der Basalte veranlaßte den Quadersandstein ..... Demnach können sich die älteren Orthoceratiten und Trilobiten auf einem schon früh gebildeten Gneisboden bewegt haben. Wenn bei Predazzo Wärme den dichten Kalkstein in körnigen umgewandelt hat, so gehört diese Wärme wohl dem Augitporphyr an, der die Hebung des Granits verursacht hat. Man muß unterscheiden die Epoche des Hervorbrechens von der früheren Bildung und früheren Existenz in der Tiefe.“

[12] (S. 517.) Oldhamia antiqua und O. radiata. Forbes. „The reader," sagt Sir Roderick Murchison (Siluria 1854, p. 32 und 165), „may look with reverence on this zoophyte of Ireland, for notwithstanding the most assiduous researches it is the only animal relic yet known in this very low stage of unequivocal sedimentary matter."

[13] (S. 517.) Sehr alt in den Llandeiloflags unter dem Caradocsandstein sind auch Ampyx (vormals Trinucleus) nudus wie Trinucleus caractaci. Murchison.

[14] (S. 518.) Galvanische Versuche bezeugen die Anwesenheit des Kohlenstoffs im lydischen Stein oder Kieselschiefer.

[15] (S. 518.) H. de Senarmont, Expériences sur la formation des minéraux par la *voie humide* dans les gites métallifères concrétionnés in den Annales de Chimie et de Physique 3ème Série. T. XXXII, 1851, p. 14. „La géologie minéralogique," sagt sehr wahr dieser talentvolle Mineraloge, „n'a pas jusqu'ici d'autre guide expérimental que la chimie, mais l'analyse chimique n'éclaire qu'un seul côté de la question. On connaît très imparfaitement une espèce minérale par ce qu'on a déterminé sa composition élémentaire, ou même les lois atomiques qui régissent leurs combinaisons; il reste encore à découvrir, dans quelles conditions nécessaires chacune d'elles peut se produire. L'analyse est évidemment muette sur ce point, et c'est à la synthèse à compléter son œuvre inachevée. On se rapprochera le plus possible des procédés de la nature, si l'on arrive à reproduire les minéraux dans leurs conditions d'association possible au moyen des agents chimiques naturels les plus répandus et en imitant les phénomènes que nous voyons encore se réaliser dans les foyers où la création minérale paraît avoir concentré les restes d'une activité qu'elle déployait autrefois avec une toute autre énergie, mais qui produit même aujourd'hui des éjections ignées, gazeuses ou liquides. L'état cristallin des produits formés artificiellement est quelquefois imparfait et toujours microscopique. Ce n'est pas d'ailleurs le volume des cristaux, c'est le fait même de leur création qui résout de pareils problèmes: là est le point essentiel, et pour obtenir d'avantage il ne faudrait suivant l'expression de Daubenton que „le temps, l'espace et le repos": puissants moyens qui n'appartiennent qu'à la nature."

[16] (S. 518.) Humboldt, Essai géognostique sur le Gisement des Roches dans les deux hémisphères 1823, p. VI: „Dans cet ouvrage comme dans mes Recherches sur les lignes isothermes, sur la Géographie des Plantes et sur les lois que l'on observe dans la distribution numérique des formes végétales, j'ai taché, tout en exposant le détail des phénomènes sous différentes zones, de généraliser les idées, et d'aborder quelques-unes des grandes questions

de la philosophie naturelle. J'ai insisté principalement (dans la *Géologie* comparée) sur les phénomènes d'*alternance*, d'*oscillation* et de *suppression locale*, sur ceux que présentent les *passages* des formations les unes aux autres par l'effet d'un *développement intérieur*. Ces questions, je pense, ne sont pas de vagues spéculations théoriques: loin d'être infructueuses, elles conduisent à la connaissance des lois de la nature. C'est rabaisser les sciences que de faire dépendre uniquement leur progrès de l'accumulation et de l'étude des phénomènes particuliers."

[17] (S. 520.) „L'examen *minéralogique* le plus minutieux ne peut être indifférent au géognoste qui examine l'*âge des formations* dans les différentes zones de la surface du globe. C'est par cet examen qu'on parvient à ce former une juste idée de la manière *progressive* dont *par développement intérieur*, c'est à dire par un changement très lent dans les proportions de la *masse*, se fait le *passage* d'une roche à une roche voisine. Les *schistes de transition*, dont la structure paraît d'abord si différente de la structure des porphyres ou des granites, offrent à l'observateur attentif des exemples frappans de passages insensibles; à des roches grenus, porphyroïdes ou granitoïdes. Ces schistes deviennent d'abord verdâtres, plus durs et plus siliceux. A mesure que la pâte amorphe reçoit de l'amphibole, elle passe à ces amphibolites trapéennes qu'on confondait jadis souvent avec les basaltes. Ailleurs, le mica, d'abord caché dans la pâte amorphe, se développe et se sépare en paillettes distinctes et nettement cristallisées; en même temps le feldspat et le quartz deviennent visibles, la masse paraît grenue à grains très allongés; c'est un vrai gneis de transition. Peu à peu les grains perdent leur direction commune, les cristaux se groupent autour de plusieurs centres; la roche devient un granite ou, si l'amphibole abonde, une syénite." Humboldt, Essai sur le Gisement des Roches 1823, p. VI und 10.

[18] (S. 520.) „Tous les terrains offrent l'exemple de *formations indépendantes* qui préludent comme couches subordonnées." Humboldt, Essai sur le Gisement des Roches p. 368.

[19] (S. 520.) Bei Chichimequillo bricht säulenförmiger Porphyr aus dem Syenit aus; auch Basalt, aus dessen Breccien eine der heißesten Thermalquellen (von 96,3° der hundertteiligen Einteilung) hervorsprudelt.

[20] (S. 521.) Humboldt sur le Gisement des Roches p. 16: „Il n'est pas facile de fixer l'ancienneté relative du *muschelkalk* et du *quadersandstein* là où manquent ces roches généralement répandues, servant, selon l'expression heureuse de Mr. de Gruner, mon savant con-

disciple à l'école de Freiberg, d'*horizon géognostique*. Lorsque des roches ne sont pas en contact immédiat, on ne peut juger de leur parallélisme que par leur rapport d'âge avec d'autres formations qui les unissent."

[21] (S. 521.) Diese Verhältnisse haben meinen vieljährigen Freund, Professor Gustav Bischof zu Bonn, in seinem Lehrbuche der chemischen und physikalischen Geologie (in der zweiten Abteilung des zweiten Bandes S. 924) zu einem sinnigen, aber sehr lebhaften Ausspruch veranlaßt. „Delesse, ein trefflicher Naturforscher," sagt Bischof, „bemerkt selbst, daß die Bildungsfolge der Mineralien des Syenits nicht die ihrer Schmelzbarkeit sei. Im äußerst strengflüssigen Quarz die viel leichter schmelzbaren Feldspat- und Hornblendekristalle abgeformt zu finden und ihn für eine Bildung auf feuerflüssigem Wege auszugeben, heißt so viel, als wenn man glauben zu machen versuchte, eine gotische Kirche mit allen ihren Spitzbögen und Ornamenten auf einer Gußeisentafel sei in einer bleiernen Form abgegossen worden. Man würde eine solche Zumutung für eine Invektive der gesunden Vernunft halten, und doch muten ihr die Ultraplutonisten ganz dasselbe zu. Die Absurdität war eines der ersten Motive, das mich zum Abfall von den ultraplutonistischen Phantasien bewog." — Ueber diese Aeußerungen hat mein sibirischer Reisegefährte, Gustav Rose, mir seine Ansichten in einem eben empfangenen Brief mitgeteilt. „Indem Sie," schreibt er, „mich um meine Meinung über jene merkwürdige Stelle befragen, und der Umstand, daß in dem Granit und Syenit der Quarz häufig die Eindrücke des Feldspats annehme, Bischof ganz besonders bewogen haben soll, die Annahme einer feuerflüssigen Bildung des Granits aufzugeben, so habe ich zuerst nur zu bemerken, daß der Vergleich der Schmelzbarkeit des Quarzes und des Feldspats mit der des Gußeisens und des Bleies eine große Uebertreibung ist. Denn wenn der Feldspat auch vor dem Lötrohr schmelzbar und der Quarz unschmelzbar ist, so ist der Feldspat doch nur äußerst schwer und bloß in dünnen Splittern an den Rändern schmelzbar, und selbst im Feuer des Porzellanofens nicht zu einem klaren, sondern nur zu einem ganz blasigen Glase schmelzbar; und dann ist es wohl nötig, zu untersuchen, ob denn der Quarz in dem Granit stets die Eindrücke des Feldspats annehme? Dies ist aber keineswegs immer der Fall, im Gegenteil sind die Granite mancher Gegenden dadurch ausgezeichnet, daß der Quarz vorzugsweise in dem Feldspat kristallisiert ist, wie z. B. der Granit des Brockens und des ganzen Harzes, der Granit des Prudelberges bei Warmbrunn, der Granitberge bei Liebwerda u. s. w. Es kommt also das eine wie das andere vor, und wenn man die Bruchfläche eines derben Granits untersucht, so sieht man sogar, daß es die Regel ist, daß der Quarz nicht die Eindrücke des Feldspats annimmt. — Wenn man die Annahme der Entstehung des Granits aus einer geschmolzenen

Masse verwirft, so weiß ich nicht, was man dafür an die Stelle setzen will; denn ich kenne kein Gemenge so verschiedener Substanzen wie der Granit, von dem es entschieden wäre, daß es auf nassem Wege gebildet sei, dagegen man ähnliche Bildungen auf trockenem Wege sehr gut kennt. Die Laven, welche in Strömen in geschichtlicher Zeit geflossen sind, stellen oft ganz ähnliche Gemenge dar wie der Granit, und wenn sie auch aus anderen Gemengteilen bestehen und sich in der Größe des Kerns oft sehr von dem Granit unterscheiden, so sind dies Unterschiede, welche die Form und Natur der Gemengteile betreffen, die Art des Gemenges ist bei beiden dieselbe. Schleift man eine dünne Platte von der Vesuvlava von 1631, welche die Ströme von Granatello und della Scala bildet, so erscheint sie unter dem Mikroskop als ein Gemenge von größeren und kleineren, aber von lauter Kristallen. Darunter sind auch einige, die, wie der Leucit, für sich allein ganz unschmelzbar sind, und in den größeren Leuciten der Somma kommen auch, nicht häufig, doch bestimmt, Kristalle von dem viel leichter schmelzbaren Augit eingeschlossen vor, die ganz deutlich kristallisiert sind. Dies sind lauter Analogien, welche für die Entstehung des Granits aus einer geschmolzenen Masse sprechen. Die Masse des Granits ist im ganzen leichter schmelzbar als der Quarz, und schwerer schmelzbar als der Feldspat und Glimmer. Bei der Erstarrung tritt die Sonderung der Gemengteile ein, vielleicht von einer Seite zur anderen fortschreitend, und da kann wohl auch ebensogut der Quarz die Eindrücke des Feldspats annehmen wie umgekehrt. — So, denke ich mir, lassen sich die Widersprüche erklären, welche man in der Annahme einer feuerflüssigen Bildung des Granits zu finden geglaubt hat."

[22] (S. 525.) „Je vous donne," schreibt Boussingault, „la copie de mon Journal de Caracas: Excursion à *las Aguas calientes del Valle de Onoto*, formé par deux chaînes de montagnes perpendiculaires à la Cordillère du littoral. Les *aguas calientes* tombent dans *las quebradas* des Corasos. Dans un ravin sortent les eaux chaudes de la roche du gneis, ayant 44,5° Cent. de température, l'air étant de 25° Réaumur. Des bulles de gaz azote sortent du fond du bassin. Le 3 février: Nous arrivons à l'*hacienda de S. Buenaventura*, où sont *los baños de Mariara;* température dans le premier bassin 44° Cent. — 4 février: Nous visitons le bassin, où l'eau est la plus chaude; elle se mêle immédiatement à un ruisseau d'eau froide, pour former les *aguas tibias*, qui ont encore 56° Cent. dans quelques endroits et une odeur légèrement sulfureuse, pendant que l'on observa l'eau la plus chaude, hors le courant d'eau tiède, de 64° Cent. — 1 mars 1823: Nous arrivons à *las Trincheras*. Les eaux sourdent, de bas en haut, du granite (granite-gneis). En sortant du bassin, elles forment un ruisseau de 2 pieds de large et de quelques pouces de profondeur. Plus loin ces eaux, en se mêlant à des eaux froides,

forment le *rio de las aguas calientes.* Il y a à *las Trincheras* deux petits bassins, placés à peu de distance l'un de l'autre. La température de l'eau du bassin le plus élevé était de 198 degrés de Fahrenheit. Dans l'eau de l'autre bassin le thermomètre s'est maintenu entre 206 et 207 degrés Fahr. Ces eaux ont une très légère odeur d'hydrogène sulfureux: mais, refroidies, elles n'ont aucune odeur, aucune saveur. La température de l'air était de 85,5° Fahr. J'ai donc trouvé l'eau du premier bassin de 92,2° Cent. et l'eau du second bassin de 97,0° Cent.“ — Lettre de Mr. Boussingault à Mr. de Humboldt, en date de Paris 3 mars 1859.

[23] (S. 527.) In dem Tagebuche von G. Rose heißt es: „Wir setzten auf der Exkursion nach dem chinesischen Posten Baty über den Narym, einen in den Irtysch fallenden Fluß, welcher hier die Grenze zwischen dem chinesischen Reiche (der Provinz Ili) und dem russischen Sibirien bildet. Weiter aufwärts bildet die obere Buchtarma die Grenze, welche fast in der Verlängerung des Narym liegt. Eine hohe, nackte Felsenkette, die den Namen der Narymschen Berge führt, zog sich bisher auf der rechten Seite des oberen (dsungarischen) Irtysch entlang. Hinter dem Narymstrome rückten sie uns aber bei unserem zweiten Pferdewechsel sehr nahe. Der Granit ist hier wieder, wie am Kolywanschen See, in horizontale Lagen abgesondert und hat dieselben wundersamen Formen als dort. Das Gestein bildete schmale Mauern in demselben Streichen SW—NO wie an dem domförmigen Biritau. Wo diese Granitmauern eine bedeutende Lücke ließen, gleichsam ein Thor, sahen wir im Hintergrunde alles mit kleinen Piks angefüllt; man glaubte einen mächtigen Lavastrom auf sich zufließen zu sehen.“ (G. Roses Tagebuch der Reise nach dem Ural, dem Altai und Kaspischen Meere Bd. I, S. 599.) Vergl. meine Asie centrale T. I, p. 300—301: „D'autres formes se présentent entre Narym et le poste chinois de Baty. Ce sont ou des cloches et des hémisphères aplatis, ou des cônes accumulés au milieu de la plaine du Haut-Irtyche, cônes terminés le plus souvent par des épanchements latéraux en forme de murs très bas et très allongés. On dirait d'une coulée, effet de la fluidité de la matière sortie d'une crevasse. La montagne du Biritau ressemble à la pyramide de Cajus Cestius. Je l'ai dessinée du côté du midi. Les coulées en forme de queues qui, des deux côtés, sont adossées à la base du cône, se dirigent hor. 4,3. Ici comme dans la steppe près de Sauchkina, on croit voir non des buttes granitiques, mais des cônes de basalte ou de trachyte.“

— — — — — — — — — — — — —
— — — — — — — — — — — — — —
— — — — — — — — — — — — — —
— — — — — — — — — — — — — —

———

Der Tod hat den großen Autor seinem Werke vor dessen Vollendung entrissen. Das letzte Stück seiner Arbeit, den Anfang der speziellen Ausführung der Gebirgsformationen enthaltend, von S. 521 Z. 8 bis S. 528 des Textes und von S. 534 Anm. 21 bis S. 536 Anm. 23 der Anmerkungen, lieferte er am 2. März 1859 in der Handschrift, am 28. März deren Abschrift durch Zusätze[1] vermehrt; die von ihm am 13. April definitiv nach seiner Durchsicht der Zusätze ausgegebene ganze Abschrift ging am 19. April nach Stuttgart ab. Die Korrektursendung dieses Stückes langte am 10. Mai in der Stunde in Berlin an, wo der Sarg Alexanders von Humboldt auf Befehl des Prinz-Regenten von Preußen im feierlichen Gepränge nach dem Dom geführt wurde.

Was dem Werke des Kosmos zu seinem Schlusse fehle? das ist aus verschiedenen Stellen desselben zu ersehen:

Es ergibt sich schon aus dem im 1. Bande verfolgten Plane, da die späteren Bände des Kosmos, vom 3. an, nur eine weitere, mit besonderen Rücksichten unternommene Ausführung des Naturgemäldes des 1. Bandes sind. Der Fortgang des in diesem Bande angefangenen III. Abschnittes über die Gebirgsarten ist schon aus dessen Ueberschrift S. 508 zu ersehen, die Disposition ist ferner gegeben S. 521 Z. 11 bis 32. Darauf würden die Gegenstände gefolgt sein, welche im 1. Bande von S. 206 bis 265 behandelt werden, d. h. zunächst die Gestalt der Kontinente; die beiden Umhüllungen des Erdkörpers, das Meer und die Luft; dann (zufolge S. IX Z. 2 bis 6 des 1. Bandes) die geographische Verteilung der Organismen oder die Geographie der Pflanzen und der Tiere, und zuletzt die Menschenrassen (vgl. nach S. IX Z. 15 v. o.). Diese Folge der Gegenstände wird

---

[1] Namentlich S. 525 Z. 2 v. o.: „bei Chichimequillo . . . .“ bis „ausgab“ Z. 27, S. 533 Anm. 19 bis Z. 6 v. u., S. 535 Anm. 22.

in einer Stelle des 1. Bandes S. 117 Z. 18 bis 24 v. u. wörtlich so angegeben: „...... die Verhältnisse der Erdoberfläche in horizontaler Ausdehnung und Höhe, der geognostische Typus der Formationen, das Gebiet der Meere (des Tropfbar-Flüssigen) und des Luftkreises mit seinen meteorologischen Prozessen, die geographische Verbreitung der Pflanzen und Tiere, endlich die physischen Abstufungen des einigen, überall geistiger Kultur fähigen Menschengeschlechtes ....." [1] Eine andere Aufzählung ohne dieses letzte Glied, den Menschen, kann ich aus einem Briefe Alexanders von Humboldt an den geheimen Bergrat und Professor Nöggerath zu Bonn vom 23. September 1857 angeben. Er sagt darin, daß die zweite Abteilung des 4. Bandes enthalten solle: „die Einteilung der Gebirgsarten und Altersfolge nach Vermutungen über ihren verschiedenen Entstehungsprozeß; Gestaltung der Oberfläche, in horizontaler Ausdehnung nach Gliederungsverhältnissen und in senkrechter Erhebung nach hypsometrischen Ansichten; flüssige und luftförmige Umhüllung der starren Erdrinde: das Meer und seine Strömungen, den Luftkreis: klimatische Betrachtungen nach Richtungsbestimmungen der Isothermen; organisches Leben, Geographie der Pflanzen und Tiere." — Wenn dies allgemeine Bezeichnungen von Gegenständen des Inhaltes sind, wie sie sich aus der Reihenfolge des 1. Bandes (des Naturgemäldes) ergeben, so ist damit nicht gesagt, daß Alexander von Humboldt sie alle in der Ausführlichkeit, in welcher sich ihm (gegen seinen Willen) die früheren Abschnitte ausgedehnt haben, behandeln wollte. Wie weit er ferner dies auch früher beabsichtigt haben möchte, so mahnten ihn seine Lebenszeit und sein Gefühl zuletzt an die Not-

---

[1] In einer anderen Stelle, im vierten Bande werden die Gegenstände so bestimmt: „..... Reaktion des Inneren des Planeten gegen seine Oberfläche (dynamisch) wirkend durch Erschütterung), chemisch wirkend durch steinbildende und steinumändernde Prozesse; teilweise Bedeckung der festen Oberfläche durch Tropfbar-Flüssiges (das Meer); Umriß und Gliederung der gehobenen Feste (Kontinente und Inseln); die allgemeinste, äußerste, gasförmige Umhüllung (den Luftkreis). Das zweite oder organische Gebiet umfaßt nicht die einzelnen Lebensformen selbst, wie in der Naturbeschreibung, sondern die räumlichen Beziehungen derselben zu den festen und flüssigen Teilen der Erdoberfläche, die Geographie der Pflanzen und Tiere, die Abstufungen der spezifisch einigen Menschheit nach Rassen und Stämmen."

wendigkeit des schnellen Abschlusses. In dem Briefe an Nöggerath sagt er schon: „Möge .... es dem Leser erinnerlich bleiben, daß nach der Form meines Werkes nur einzelne Teile des in dem 1. Bande dargestellten allgemeinen Naturgemäldes, des uranologischen und tellurischen, haben einer speziellen Ausführung unterworfen werden sollen!" Ich kann versichern und es können es andere bestätigen, daß der Verfasser in dem letzten Jahre seines Lebens immer behauptete, nur noch wenige Druckbogen vor sich zu haben, und daß er die fehlenden Gegenstände in einer großen Kürze abmachen wollte, viel kürzer als der von ihm in einem Brief an mich vom 8. Dezember 1856 in meine Hände gelegte Plan sie angibt, in welchem er sie so veranschlagt: „Form der Kontinente 2 Bogen, Meer 3, Luft 4, Pflanzen 4, Tiere und Mensch 5 bis 6; in Summa 10 bis 19." Wenn wir absehen von der Ausführlichkeit, in der er den Verhältnissen des Anfangs nach vielleicht die ihm nach seinem frühen Lebensberuf so nahe befreundeten Gebirgsformationen noch behandelt haben würde, so dürfen wir uns trösten, die folgenden, dem Bande noch zugedachten Abschnitte von ihm in einer sehr sorgfältigen und hinreichend umfassenden Ausführung aus der schönen Zeit seines Lebens im 1. Bande zu besitzen: die Gestalt der Kontinente S. 206 bis 219 und Anm. S. 324 bis 327 (1½ Bogen); das Meer S. 319 bis 326 und Anm. S. 327 bis 329 (1 Bogen), die Luft und Meteorologie S. 226 bis 251 und Anm. S. 329 bis 333 (2½ Bogen),[1] die Geographie der Pflanzen und Tiere S. 251 bis 259 und Anm. S. 334 bis 336 (1 Bogen), erstere von ihm in seinen früheren Schriften so genau behandelt und an vielen anderen Stellen des Kosmos zerstreut; über das Menschengeschlecht und die Menschen-

[1] S. eine Disposition über den Inhalt des Abschnittes von der Luft S. 228, 229 bis 230; über die Luftelektrizität, sechstes und letztes Kapitel der Luft, S. 248 Z. 5 bis 13; noch eine Andeutung über den Einfluß des Mondes im 3. Bande S. 365 Z. 14 bis 17, Gegenstände bezeichnend, welche schon in der großen Anm. 36 zu dieser Stelle, S. 392 erörtert werden. — Eine andere Disposition findet sich im 4. Bande S. 169 Z. 3 v. u. bis S. 170 Z. 2 v. o.: „die thermischen Zustände der beiden Umhüllungen unseres Planeten, welche weiter unten einzeln behandelt werden ... den Einfluß der vertikalen Wärme in der festen Erdrinde, das System der Geoisothermen, ... als einen Teil der alles durchdringenden Wärmebewegung ..."

rassen, bis zur Berührung mit der geistigen Sphäre des Menschen, S. 251 bis 265 und Anm. S. 336 bis 338 (¾ Bogen); in Summa 7 Druckbogen.

Im Nachlaß Alexanders von Humboldt hat sich unter seinen reichen Sammlungen über alle Gegenstände, welche der Kosmos berühren sollte, kein Blatt irgend so weit ausgearbeitet gefunden, daß es dem Werke hätte angereiht werden können; wer weiß, wie der Kosmos in kleinen Stücken, immer in freier, neuester Ausarbeitung, allmählich entstand, ohne sich auf anderes als große gestaltlose Sammlungen eines arbeitsreichen Lebens zu gründen, konnte dies voraussagen. Alexander von Humboldt hat selbst bekannt (Vorrede Bd. I, S. VII, Z. 10 bis 3 v. u.), daß er von seinen in Paris und Berlin gehaltenen Vorlesungen über die physische Weltbeschreibung, „bei freier Rede, nichts schriftlich aufgezeichnet" habe, und „alles" von ihm hier (im Kosmos) „zum erstenmal niedergeschrieben" ist.

Die nahen und anhänglichen Freunde des Verewigten, in ihrer Zahl der Freiherr Georg von Cotta, haben einmütig geurteilt, daß kein Fremder die Hand anlegen solle, das Fehlende am Werke zu ergänzen. Daß niemand es in der Weise des großen Autors thun könne, haben die Männer, auf deren hohe Wissenschaft man hierbei die Blicke hätte wenden können, selbst erklärt. Die Freunde vertrauen, daß das unerreichbare Werk, auch so unvollendet, der Mit- und Nachwelt, in Bewunderung und Ehrfurcht, ein Denkmal sein werde. Die treue, wenn auch sehr untergeordnete Hilfe, welche ich dem großen Verfasser, auf seine Berufung, bei dem ganzen Werke des Kosmos und über dasselbe hinaus geleistet habe, verschafft mir den Vorzug, das Werk, von dem seine Hand ruht, äußerlich abzuschließen, wie ich es vor zwanzig Jahren seinem Bruder gethan.

Ich lasse auf den vorstehenden Schluß des Werkes, nach dem mir oft in dem letzten Lebensjahre bis kurz vor seinem Ende wiederholten Auftrag Alexanders von Humboldt, zwei kleine Nachträge zu dem astronomischen (3.) Bande: eine neue Tafel der Elemente der kleinen Planeten und der inneren Kometen, folgen, welche der Verewigte und ich (in neuer Arbeit, da die frühere, in des Verfassers Hände gelegte sich mir im Nachlaß verloren hatte) der Güte des Herrn Professors Dr. C. Bruhns, seit dem 1. April d. J. Astronomen der königlichen Sternwarte in Leipzig und Professors an der dortigen Universität, bisher Adjunkten bei der hiesigen Stern-

warte, verdanken. Ich habe auch mit Dank vom Herrn Professor Bruhns noch eine von seiner Güte mir angebotene neue Tafel der Bahnelemente der Doppelsterne aufgenommen, im Angedenken der Sorgfalt, welche der Verewigte diesem Gegenstande, dem er auch am Ende des 3. Bandes eine Zusatztafel widmete, zugewandt hat.

Zuletzt habe ich eine veränderte kleine Stelle (2 1/3 Seite) des 4. Bandes, die Variationen der magnetischen Neigung betreffend, nach den von dem Verewigten dem General Sabine in Briefen erteilten Zusagen, in Uebersetzung aus des letzteren englischer Uebertragung des Kosmos gegeben.

Nach diesen kleinen Zusätzen habe ich, gemäß einem von langen Jahren her datierten und bis in die letzten Lebenstage mir wiederholten Vermächtnis und Auftrage des teuren Entschlafenen, den 5. Band mit dem von mir zu arbeitenden großartigen Register über den Kosmos, das nach seiner letzten Bestimmung seinen Hauptbestandteil ausmachen sollte, und damit das Werk des Kosmos zum Abschluß zu bringen. Dieses Vermächtnis, das meinem Leben ein neues, schweres Opfer auferlegt, habe ich mit der dem Entschlafenen von mir von jeher geweihten Liebe und Aufopferung erfüllt.

Berlin, 11. April 1860.

Professor Dr. Eduard Buschmann.

Inhalts-Uebersicht

des IV. Bandes des Kosmos.

Nähere Zergliederung.[1]

B. Spezielle Ergebnisse der Beobachtung in dem Gebiete tellurischer Erscheinungen oder aus dem tellurischen Teile der physischen Weltbeschreibung.

Einleitung S. 3—9: Ueber die Art der Arbeit des Kosmos (Verallgemeinerung), Inhalt und Verhältnis der 2 ersten und der 2 letzten Bände S. 4; stufenweises Herabsteigen vom Allgemeinen zum Besonderen, jetzt vom Fixsternhimmel zur Erde; Verhältnis der Entfernungen, die Uranologie macht den Eindruck des Erhabenen und Friedlichen S. 4—5; der tellurische Teil bietet mehr Mannigfaltigkeit durch die Stoffe dar, verschiedener Einfluß jeder dieser zwei Sphären S. 6; die anderen Weltkörper betrachten wir nur als homogene gravitierende Materie, ohne Rücksicht auf Stoffverschiedenheit; das einförmige Bild des Weltraums S. 6. Forschen nach einfachen Bewegungsgesetzen S. 6—7; Anziehung der Stoffe gegeneinander (Molekular- und Gravitationsattraktion) S. 8; Entdeckungen neuerer Zeit und Beispiele, in welchen die Wirkung von Anziehungskräften verheißt, dem Problem der Heterogeneität der Stoffe und ihres Verbindungsbestrebens näher zu treten S. 8; Unterschiede der Form und Mischung sind die Elemente unseres ganzen Wissens von der Materie; Stoffwechsel, Fesselung und Entfesselung der Stoffe bezeichnen den ewigen Kreislauf der Elemente S. 9; die irdische Sphäre ist allerdings eine Werkstatt des Todes und der Verwesung, aber die Verwesung führt keine Vernichtung herbei, die entfesselten Stoffe vereinigen sich zu anderen Gebilden S. 9.

Besondere Einleitung zu diesem tellurischen Teil S. 10—11: Das unermeßliche Material muß so bearbeitet werden, daß das Spezielle der Einheit nicht entrückt wird; die tellurische Sphäre zerfällt in zwei Abteilungen, in das anorganische und organische Gebiet S. 10; der einzelne Inhalt beider S. 10; beide Gebiete sind schon im Altertum getrennt, aber von Aristoteles aufeinander bezogen worden S. 11; es ist nicht geeignet, die an sich sehr natürliche Sonderung des organischen und anorganischen Erdenlebens im Kosmos als ein Hauptelement der Klassifikation aufzustellen S. 11.

---

[1] Nach dem genauen Verlaufe des Inhalts ausgearbeitet vom Professor Dr. Eduard Buschmann (aber dem Autor des Kosmos in den Mund gelegt).

Erster Abschnitt: Eingang S. 12—13 und Anm. 1 S. 112: Natur oder vielmehr irdische Natur ist das Resultat eines Systems treibender Kräfte, Naturgefühl ist der Eindruck des Waltens dieser Kräfte; zuerst fesseln unsere Neugier die räumlichen Größenverhältnisse unseres Planeten S. 12. Jeder Teil des Naturganzen ist von dem anderen abhängig S. 12; die Größe, Gestalt und Masse des Erdkörpers stehen unter sich in mehr erkennbarer Abhängigkeit als andere Gegenstände. Die beiden Arten der Anziehung (Gravitation und Molekularattraktion) werden von der Schwere affiziert S. 13; die Schwere unseres Planeten übt auf verschiedene Gegenstände Einfluß S. 13; die absolute Größe unseres Erdkörpers, mit der wir uns hier beschäftigen werden, enthält ihre Wichtigkeit durch ihr Verhältnis zur Masse und Rotation; Unveränderlichkeit der Gravitationsverhältnisse im Weltall bei anderweiten Veränderungen S. 13 (Anm. 1 S. 112 Laplace über das Gesetz der Anziehung).

a. **Größe, Gestalt (Abplattung) und Dichtigkeit der Erde** S. 12—24 und Anm. 2—17 S. 112—122: Der Erdkörper ist gemessen und gewogen worden S. 13; diese Ermittelungen üben Einfluß auf Astronomie und Mathematik, wie sie mit ihrer Hilfe geschehen S. 14. Die geometrische Figur und Oberfläche der Erde der physischen entgegengesetzt S. 14; Veränderung in beiden Oberflächen durch Veränderungen im Inneren und Aeußeren der Erde S. 14—15. Drei Methoden, die Figur der Erde (eines elliptischen Rotationssphäroids) zu bestimmen, die der Gradmessung zweifach S. 15. Größe der Erde S. 15; Bessels große Arbeit über die Dimensionen des Erdkörpers im 1. Band des Kosmos ist noch nicht durch eine neue ersetzt worden, seine Angaben des mittleren Wertes dieser Dimensionen von 1841 nach zehn Gradmessungen S. 15—16 [Anm. 3 S. 112—114: Angaben für die Abplattung und deren Elemente (Erdachse, mittlere Länge eines Meridiangrades); Walbecks Vergleichung vieler Gradmessungen, dieselben wiederholt und verbessert von Ed. Schmidt S. 112; Airys Bestimmung S. 113; Bessels Arbeiten und Berechnungen über die Figur der Erde und ihre verschiedenen Resultate S. 113; Länge des Meters nach den verschiedenen Bestimmungen S. 114]. Tafel der Zunahme der Länge der Meridiangrade vom Aequator gegen die Pole hin S. 17; Bestimmung der Figur der Erde durch Messung von Längegraden S. 16 (Anm. 4, S. 114); astronomische Bestimmung durch die Ungleichheiten in der Länge und Breite des Mondes, von Laplace erfunden S. 18 (Anm. 10 S. 114). Bestimmung durch Pendelschwingungen vermittelst der Zunahme der Schwere vom Aequator gegen die Pole hin: allgemein S. 18; historische Data: erste Anwendung durch Richer und darüber Picard S. 19 und Anm. 6—7 S. 114—115 [Anm. 7: späte Veröffentlichung von Arbeiten: die von Richers Pendelversuchen in Cayenne (ob die Vermutung über eine nach Breitengraden sich verändernde

Intensität der Schwerkraft Huygens angehöre? S. 115; Richer S. 115), Newtons Kenntnis von Picards Gradmessung und von Cassinis elliptischer Gestalt des Jupiter und deren bedeutender Einfluß auf seine Arbeiten], darüber Newton S. 19 (vergl. Anm. 7); (Messungen von Meridian- und Parallelgraden S. 19). Bestimmung der Gestalt durch Pendellängen: Prinzip und bisher bestimmte Punkte S. 19 (Anm. 8, 9 S. 115—116), englische Expedition unter Sabine (französische Gradmessungen) S. 20, abweichende Resultate von Biots Pendelmessungen in der nördlichen Hemisphäre S. 21 und Anm. 10—11 S. 116 [Anm. 10: Data für die Abplattung nach den verschiedenen Expeditionen und Messungen der Pendellängen S. 116, Pendelkorrektion wegen des Einflusses der umgebenden Luft auf das Pendel S. 116], Resultate für die Schwere aus den Pendelbeobachtungen in der südlichen Halbkugel S. 21 [Anm. 12 S. 116—117: Bestimmung der Abplattung daraus S. 116, Foucaults sinnreiches Experiment für die Achsendrehung der Erde S. 117]. Es folgt hieraus, daß das Pendel uns mit geringerer Sicherheit über die Gestalt unseres Planeten aufklärt als Gradmessungen und Mondbewegung; Ursachen davon S. 21. Bestimmung der Abplattung der Erde nach Bessel und der Anschwellung unter dem Aequator S. 22 [Anm. 13 S. 117—119: zwei Anschwellungen der Oberfläche der Erde nach der Meinung des griechischen Altertums: im nördlichen Asien S. 117 und unter dem Aequator, deren Fortdauer und Deutung S. 118; Frérets falsche Deutung einer griechischen Stelle vom Tropenregen S. 118; des Eratosthenes Ansicht von der wenig veränderten Kugelgestalt der Erde S. 118; verschiedene andere Gestalten der Erde nach den Vorstellungen der Griechen S. 119], die zwei Methoden geben keinen so großen Unterschied in der Aequinoktialanschwellung S. 22—23 [Anm. 14 S. 119—120: Bessels Bemerkungen über die Resultate für die Abplattung und Vorschläge zu zahlreichen Messungen]. Zusammenhang des Wertes der Abplattung mit dem Gesetze der Dichtigkeit im Inneren der Erdkugel, Anziehung großer Gebirgsmassen und Ablenkung des Pendels durch sie S. 23 und Anm. 15, S. 120 [Ablenkung der Lotlinie durch den Chimborazo nach la Condamine und Bouguer, Maße des Berges, Yana-Urcu]. Unter den drei Arten der Bestimmung der Dichtigkeit der Erde im ersten Bande des Kosmos ist hier nur noch die durch die Drehwage von Reich zu erwähnen S. 23 [Anm. 16 S. 120—121 neue Versuche von Reich mit ihren Resultaten, und die von Baily], Zusammenstellung verschiedener Resultate für die Dichtigkeit der Erde S. 24 und Zusatz am Ende S. 465. Allgemeine Bestimmung der Dichtigkeit in verschiedenen Rücksichten (in den oberen oder tiefen Erdschichten, totaler) S. 24 (Anm. 17 S. 121—122), Schwierigkeit der Bestimmungen für die inneren Erdräume S. 24).

b. **Innere Wärme des Erdkörpers und Verteilung derselben** S. 25—35 und Anm. 18—29 S. 122—125: Worauf die

Betrachtungen über die innere Wärme des Erdkörpers gegründet sind S. 25; über den experimentalen, hier behandelten sicheren Teil der Untersuchung, und dagegen den mathematischen, besonders mit Rücksicht auf die vulkanischen Kräfte im Inneren S. 25. Zunahme der Wärme mit der Tiefe, auffallende Uebereinstimmung der Resultate in tiefen Bohrlöchern S. 26: Bestimmungen (besonders der Zunahme der Wärme durch die Temperatur der Wasser) für den artesischen Brunnen von Grenelle S. 26 (Anm. 18 S. 122), für das Bohrloch von Neusalzwerk bei Rehme (Bad Oeynhausen) S. 26—27 (Anm. 19—21 S. 122), zwei andere Bohrlöcher S. 27 (Anm. 23 S. 122); die hier sich zeigende Uebereinstimmung der Zunahme kann nicht überall bei der Temperatur der unterirdischen Wasser erwartet werden S. 27. Die Wirkung der veränderlichen äußeren Temperatur wird nur auf geringe Tiefen und langsam bemerkbar S. 28; die invariable Erdschicht und wovon ihre Tiefe und Temperatur abhängig ist S. 28—29 (in den Caves de l'Observatoire S. 29, Tiefe für 1° der Temperaturzunahme S. 29—30) (Anm. 24 S. 122), Boussingaults Bestimmung der mittleren Temperatur eines Orts in der Aequatorgegend durch ein einige Zolle tief eingegrabenes Thermometer S. 29 [Anm. 25 S. 122—123 verschiedene Beobachtungen und Resultate der Zunahme der Temperatur in der Tiefe in Südamerika und Ostindien]; meine Beobachtungen in sehr hoch gelegenen Bergwerken von Peru und Mexiko, auffallende, bedeutend größere Wärme der unterirdischen Luft als der äußeren S. 30—31. Unterirdisches Eis oder **Bodeneis** im nördlichsten Asien von Sibirien S. 31—32; Grenze des Baumwuchses in Sibirien S. 31; Middendorffs zwei sibirische Reisen und seine Beobachtungen der Bodentemperatur und der Dicke des unterirdischen Bodeneises S. 31; seine Beobachtungen im Scherginschacht zu Jakutsk S. 32: große Dicke der Eisschicht, Zunahme der Temperatur der einzelnen Eisschichten und allgemeine Temperaturzunahme S. 32 (Anm. 26—27 S. 123—124), mittlere Temperatur von Jakutsk S. 32, Tiefe der Temperatur von 0° im Schacht S. 33, Verschiedenheit dieses Resultats und des ganz naher Gruben S. 33 (Anm. 28 S. 124). Beobachtungen über Tiefe und Dicke der Eisschicht an anderen Orten S. 33. Die geographische Erstreckung des Eisbodens, von Middendorff bestimmt, ist mehr von örtlichen Einflüssen abhängig als die Temperatur des Luftkreises S. 34 (Anm. 29 S. 124); inselförmiges Auftreten des Phänomens südlicher; allgemeine Betrachtungen über die Erscheinung im alten Kontinent, einzelne Beobachtungen im nördlichsten Amerika, Wichtigkeit der Beobachtung in anderen Erdteilen S. 34 bis 35.

c. **Magnetische Thätigkeit des Erdkörpers** S. 35—111 und Anm. 30—57 S. 125—131: Die Manifestationen der Erdkraft bieten ein ewig Veränderliches der Phänomene dar; ein solcher ewiger Wechsel unterscheidet die Phänomene des Elektromagne-

tismus von denen der zweifachen Anziehung S. 35—36; Erscheinung des Diamagnetismus S. 36.

Historischer Teil S. 35—64 und Anm. 30—50 S. 125—130: Magnetische Kenntnis im Altertum bei den westlichen Völkern S. 36 und Anm. 30 S. 125 (die Richtkraft bleibt ihnen unbekannt S. 36) Kenntnis und Gebrauch der Richtkraft bei den Chinesen S. 37 und Anm. 32 S. 125 (Landgebrauch: magnetische Wagen mit schwimmenden Nadeln S. 37 und Anm. 31 S. 125, hängende Nadeln S. 37 und Anm. 33 S. 125, Gebrauch als Kompaß auf dem Meere S. 38); der Gebrauch der Magnetnadel in der Schiffahrt (des Seekompasses) aus dem Indischen Meere im 12. Jahrhundert in Europa eingeführt S. 38. Frühe Kenntnis der magnetischen Abweichung (Variation); des Kolumbus Linie ohne Abweichung S. 39, sein Gedanke, durch die Variation die Länge zu bestimmen, er macht diese atlantische Kurve ohne Deklination zur politischen Demarkationslinie S. 40; nächstfolgende Ausbildung der Variation S. 40; fabelhafte Vorstellungen, nördlicher Magnetberg S. 41; fortgesetzte Wichtigkeit der magnetischen Abweichung, 4 Linien ohne Abweichung bei Acosta S. 41 [Einführung des Logs und frühere Weise, die Geschwindigkeit des Schiffes zu bestimmen S. 41 (Anm. 34 S. 125)]. Spätere Entdeckung der magnetischen Neigung S. 42, späte Auffindung der Intensität S. 42; Gilberts richtige Kenntnis vom Erdmagnetismus neben der Elektrizität S. 42. Kenntnis der Abweichungslinien im 17. Jahrhundert S. 42—43 (Anm. 35, S. 126), magnetische Apparate für die Länge S. 42 (Anm. 35 S. 126). Halley begründet eine wichtige Epoche S. 43: 4 magnetische Pole S. 43, seine 4 Seereisen (3 für Magnetismus) und seine Variationskarte S. 43, seine isogonischen Kurven S. 44 (meine Isothermen ihnen ähnlich S. 44), seine rein wissenschaftlichen Expeditionen S. 44 (sein Katalog südlicher Sterne S. 44). Die stündliche periodische Veränderung der Abweichung im 18. Jahrhundert erkannt und weiterer allgemeiner Fortschritt desselben in der Kenntnis des Magnetismus S. 44 (Anm. 38, 39 S. 126); die Intensitätsverschiedenheit der magnetischen Erdkraft durch Schwingungen einer senkrechten Nadel von Borda entdeckt (la Pérouses Reise, verspätete Bekanntmachung der Resultate) S. 45 das Gesetz hat aber erst durch die Veröffentlichung meiner Beobachtungen in der Wissenschaft Leben gewonnen; weitere Beobachtung der Inklination S. 45, periodische Variation der Deklination S. 45. Fortschreiten des halben 19. Jahrhunderts in allen Teilen des tellurischen Magnetismus, und Mittel, durch welche dies erreicht wurde (Stationen, magnetische und meteorologische Observatorien) S. 45—46; spezielle Verzeichnung der Hauptmomente der einzelnen Bestrebungen und der magnetischen Arbeiten in diesen 50 Jahren, gruppenweise nach der Folge der Jahre S. 47—58 und Anm. 42—47 S. 127—128 (einen Zusatz zu S. 56, betreffend die 10jährige Epoche der magnetischen Deklination, s. am Ende S. 465) [Anm. 43 S. 127

Stelle Sabines über die beiden Skalen, Anm. 44 S. 127 Geschichte der verabredeten gleichzeitigen magnetischen Beobachtungen, Anm. 46 S. 128 über den Diamagnetismus, Anm. 47 S. 128 über Polarität des Sauerstoffgases]; allgemeine Betrachtungen über die Richtung und die Erfolge der Bestrebungen dieser Epoche, sowohl von seiten der Beobachtung als des Experiments S. 58—59. Nähere Entwickelung der Gegenstände, auf welche in dem halben 19. Jahrhundert das Augenmerk gerichtet gewesen ist und noch ist, besonders kosmischer Zusammenhang des Magnetismus: Zusammenhang mit der Sonne, ihr Einfluß auf den Magnetismus S. 59—61 (Anm. 48 S. 129 und Anm. 50 S. 130) (die Variationen des Magnetismus nicht von den Temperaturveränderungen der Erdrinde oder des Luftkreises abhängig S. 60 [Anm. 49 S. 129: Sabines allgemeine Resultate der jährlichen Variation und ihre Unabhängigkeit wie die der täglichen von dem Temperaturwechsel]); 10jährige Periode in der Veränderung der Deklination, von Sabine in Verbindung gebracht mit der 10jährigen Periode der Veränderungen der Sonnenatmosphäre und der Sonnenflecken S. 61. Einfluß des Mondes auf den Erdmagnetismus nach Kreil, d. h. auf die magnetische Deklination während eines Mondtages S. 61—62 und ein Zusatz zu ihr am Ende S. 466; andere Einwirkung auf die Erdkraft als durch Temperaturveränderung (polarische Eigenschaft des Sauerstoffs S. 62), Wahrscheinlichkeit elektromagnetischer Thätigkeit auch in anderen Weltkörpern S. 62.

Objektive Darstellung der magnetischen Erscheinungen S. 52—111 und Anm. 51—120 S. 130—150: Perioden der Veränderungen und ihre Abhängigkeit voneinander S. 63, Aufzählung der zwölf Objekte S. 63 (Anm. 51, 52 S. 130); Bemerkungen dazu, besonders über die Magnetpole S. 63. Die drei Aeußerungen der magnetischen Erdkraft S. 64; Behandlung dieser drei nach einander:

Intensität S. 64—74 und Anm. 54—67 S. 130—133: Späte Erkenntnis dieses Elements durch Beobachtung der Zahl der Schwingungen der Neigungsnadel S. 64—65 (Borda, la Pérouse S. 64, meine Intensitätsbeobachtungen während meiner amerikanischen und asiatischen Reise S. 65). Die vier Punkte (foci) der Maxima oder größter, aber unter sich verschiedener Intensität, ein stärkerer und ein schwächerer in jeder Hemisphäre (besonders die zwei der nördlichen Halbkugel) S. 65—66 (Anm. 54 S. 130); ungleiche Zunahme der magnetischen Intensität vom magnetischen Aequator ab gegen die zwei Magnetpole hin, ja das Minimum der Erdkraft liegt in vielen Punkten fern dem magnetischen Aequator S. 66; unsichere Lage der zwei foci der südlichen Halbkugel S. 67 (Anm. 56 S. 131). Verhältnis der Kräfte nach verschiedenen Methoden bestimmt, relative Skala (auf den magnetischen Aequator bezogen) und absolute S. 67—68 (Verteilung der Erdkraft und Veränderungen der Intensität im Lauf der Jahrhunderte S. 67);

Bestimmung der Intensität der vier foci und ihr Verhältnis zu einander S. 68 (Anm. 58 S. 131); alle vier foci und die zwei Magnetpole gehören einer westlichen Hemisphäre an nach einer gewissen Abteilung nach zwei Meridianen S. 68 (Anm. 59 S. 131). Zonen und Kurve der kleinsten oder schwächsten Intensität S. 69 (Anm. 60 S. 132); Verhältnis der schwächsten Erdkraft zur stärksten S. 69 (Anm. 61 S. 132); dynamischer Aequator oder Kurve der kleinsten Intensität oder schwächsten Erdkraft, eine Wellenlinie von vielen Krümmungen S. 69. Schwierigkeit der Bestimmung, ob die Intensität in Höhen bemerkbar ab- und im Inneren der Erde zunimmt S. 70 (Anm. 62 S. 132); Abnahme in der Höhe S. 70 bis 72 und Anm. 63—65 S. 132—133 [Anm. 63: Abnahme nach meinen Beobachtungen in Südamerika S. 132, widersprechende Resultate in unseren Beobachtungen in Europa S. 133]; Aerostat und Abnahme in der freien Atmosphäre S. 71. Stündliche Variationen der Intensität im allgemeinen S. 72—73; Beobachtung derselben in Toronto und Hobarton und ihre Resultate S. 73—74 (Anm. 66, 67 S. 133) (stärkere Intensität in den Monaten unseres Winters wegen der Sonnennähe S. 73); die säkulare Veränderung der Intensität gründet sich nur erst auf wenige Beobachtungen S. 73.

Inklination oder Neigung S. 74—85 und Anm. 68—79 S. 133—136: Isoklinische Kurven oder Linien gleicher Neigung und die Linien der Zunahme der Inklination vom magnetischen Aequator bis zu den zwei Magnetpolen S. 74; Lage der zwei Magnetpole durch James Roß bestimmt S. 74 (Anm. 68—69 S. 133), Lage des magnetischen Aequators (der Kurve, auf der keine Neigung beobachtet wird) (besonders gegen den geographischen Aequator) und seine Knoten nach verschiedenen Reisenden S. 75—77 und Anm. 70 bis 72 S. 133—134 [Anm. 70: Elemente meiner Bestimmung desselben in der Andeskette von Südamerika, Bestimmung der Inklination an verschiedenen Orten von Peru] (afrikanischer Knoten und seine säkulare Bewegung S. 75, der atlantische Knoten und der in der Südsee S. 75—76); die säkulare Veränderung der Knoten des magnetischen Aequators S. 77. Periodizität in den Veränderungen der magnetischen Inklination: stündliche Veränderungen S. 77—78 [Anm. 73 S. 134—135: Arago über die von ihm beobachtete stündliche Veränderung in der Inklination im Vergleich mit der Veränderung der Intensität, in zwei Briefen S. 134; fernere Bestätigung seiner Beobachtung einer größeren Horizontalintensität am Abend gegen den Morgen, verschiedenartiges Verhältnis derselben in der südlichen Hemisphäre S. 135]; von den Resultaten der Beobachtungen Sabines über alle drei Elemente des tellurischen Magnetismus (Wendestunden und kleine Schwankungen, Haupt- und sekundäre Maxima und Minima, und dagegen ein Maximum und Minimum) S. 78; spezielle Angabe der stündlichen periodischen Variationen der magnetischen Neigung nach Sabine in

allgemein über stündliche Beobachtungen S. 92. Den regelmäßigen stehen scheinbar unregelmäßige Bewegungen entgegen, welche horizontal aufgehangene Nadeln darbieten: außerordentliche Störungen der Abweichung, magnetische Ungewitter: Geschichtliches, besonders von der Erkenntnis des Zusammenhangs der Störung mit dem Nord- oder Polarlicht S. 93 [Anm. 92 S. 141: Halleys phantastische Erklärung des Nordlichtes durch das innere Erdlicht]; meine eigenen Beobachtungen, besonders zu Berlin; deren Einrichtung und Resultate, wie die verschiedenartigen Erscheinungen bei kleineren und bei größeren und außerordentlichen Störungen oder magnetischen Ungewittern S. 94—95 (Regelmäßigkeit des Eintrittes von kleinen und größeren Ungewittern S. 95—96 und Anm. 96 S. 143) und Anm. 93—96 S. 141—143 [Anm. 94 S. 141: Verzeichnis der großen magnetischen Ungewitter am Ende des September 1806 S. 142, Verschiedenes S. 142, Anm. 95 S. 142—143: Schwingungen ohne Veränderung in der Abweichung sind in Paris von Arago nicht wahrgenommen worden S. 142, wohl aber in Toronto S. 143; allgemeiner Schluß über das unbestimmte Verhältnis der Schwingungen zur Veränderung der Deklination S. 143]; großartige Ausdehnung der von mir angefangenen Beobachtungen und Resultate durch die magnetischen Stationen S. 96—97. Die Störungen sind nach Sabine eine regelmäßige periodische Variation, ihr allgemeiner Verlauf S. 97 (Anm. 97 S. 143); sie verursachen auch regelmäßig eine vermehrte östliche oder westliche Abweichung S. 97. Säkulare Veränderung aller drei Elemente des Erdmagnetismus nach einer 10jährigen Periode S. 97—98 (Anm. 98 S. 144); kosmische Ursache einer solchen Periodizität in der Photosphäre der Sonne und ihre Uebereinstimmung mit der 10jährigen Periode der Sonnenflecken S. 98. Verbreitete und lokal beschränkte magnetische Ungewitter S. 98—99 (Anm. 99 S. 144); die Hindernisse der Fortpflanzung sind schwer zu ersinnen S. 99. Bestimmung des magnetischen Meridians S. 99; Auffindung der Variationslinien, später verallgemeinert zu den isogonischen Kurven oder Linien gleicher Abweichung, S. 99 bis 100. Unter ihnen verdienen die größte Aufmerksamkeit die Linien ohne Abweichung S. 100 (Anm. 99 S. 144); Notwendigkeit fortgesetzter Beobachtung und weiterer Bestimmung dieser erst teilweise bekannten Linien S. 100 [Anm. 100 S. 144—145: mein Vorschlag von mir zweimal empfohlen, besonders 1839 S. 144; weitere Bemerkungen über die Notwendigkeit dieser Erforschungen und die Art der Ausführung S. 144—145]. Drei Systeme der Linien ohne Abweichung oder Variation, ihre allgemeine Bestimmung S. 100—101 (Anm. 101 S. 155); über die Verhältnisse der Abweichung in Afrika S. 101 und Anm. 102 S. 145; spezielle Bestimmung des Laufes der einzelnen Kurven: der atlantische Teil der amerikanischen Kurve S. 101—102 (Anm. 103 S. 145), die australo-asiatische Kurve S. 102—103 und Anm. 104

bis 108 S. 145—146 (ihr südlicher Teil S. 103 und Anm. 104 S. 145, Unbekanntheit der mittleren Verbindung S. 102 und Anm. 105—107 S. 145—146, der so genau bekannte Teil vom südlichen Rußland bis Sibirien S. 102—104 und Anm. 108 S. 146—147 [Anm. 108 S. 146—147: Rat Leibnizens an Peter den Großen, die Bestimmung magnetischer Linien im russischen Reiche vornehmen zu lassen, seine Ansichten über die magnetische Abweichung und die Linie ohne Abweichung, in einem Briefe an den Zar entwickelt]); System der Südsee (Ovale, welche die geschlossenen Kurven der Abweichung in beiden letzten Systemen bilden) S. 104. Geschichte der Kurven ohne Abweichung, d. h. ihre Veränderung und ihr Vorrücken im Laufe der Zeit (säkulare Veränderung) S. 104—105 (Anm. 109 und 110 S. 147).

Polarlicht oder Nordlicht S. 105—111 und Anm. 111 bis 119 S. 147—149: Die außerordentlichen Störungen in der Deklination sind teils Vorboten, teils Begleiter des magnetischen Polarlichts S. 106; Wesen des Nordlichts: dasselbe bezeichnet als eine tellurische Thätigkeit, eine Entladung, Ende eines magnetischen Ungewitters S. 106. Objektive Beschreibung der Vorgänge beim Nord- oder Polarlicht S. 106—110 und Anm. 111—116: das sogenannte schwarze Segment S. 106, schwarze Strahlen und Flecken S. 107 (Anm. 112 S. 147), die (seltene) Nordlichtskrone S. 107, Gestalten der Strahlen S. 107; Farbe des Polarlichts S. 107, sein Zusammenhang mit der Bildung der Cirruswölkchen S. 107 (Anm. 113 S. 147), das Umdrehen der Konvergenzpunkte S. 108 und Anm. 114, 115 S. 147—148 [Anm. 114 S. 147: ein Beispiel der Polarcirrusstreifen und der Bewegung der Konvergenzpunkte aus meinem Tagebuch der sibirischen Reise], Lichtsäulen oder Strahlenbündel und Lichtbogen S. 108 (Anm. 116 S. 148). Häufigkeit der Nordlichter, besonders um den nördlichen Magnetpol S. 108; Nordlichter in der südlichen und Südlichter in der nördlichen Halbkugel S. 108. Kein Geräusch S. 109; Höhe des Phänomens S. 109; Einfluß des Nordlichts auf alle Elemente des Erdmagnetismus S. 109 (Anm. 117—118 S. 148—149).

Schlußbetrachtung S. 110—111 und Anm. 119, 120 S. 149—150: Die vorstehende Entwickelung des dermaligen Zustands unserer positiven Kenntnisse von den Erscheinungen des Erdmagnetismus hat sich meist auf eine objektive Darstellung beschränken müssen S. 110; es sind vorsichtig sein geognostischer Zusammenhang und seine Beziehungen zu der Richtung der Gebirgszüge und der Bildung der Gebirgsarten vermieden worden S. 110; anderer Art, nur partielle Verhältnisse des Erdmagnetismus berührend, sind diejenigen geognostischen Erscheinungen, welche man Gebirgsmagnetismus nennen kann S. 110 (Prüfung der Stärke des Gesteinmagnetismus, über entgegengesetzte Polarität S. 110 [dazu Anm. 120 S. 149—150: meine und spätere Beobachtungen über die magnetische Eigenschaft und Erscheinungen des Haidberges S. 149; andere einzelne Belege

der magnetischen oder polarischen Eigenschaft (Polarität) von Bergen, von Magnetbergen, von Gesteinen S. 149; ob die äußere Luft Einfluß auf den Magnetismus des Gesteins oder der Gebirgsarten habe S. 150; allgemeine Bemerkungen über denselben, angebliche Verminderung des Magnetismus durch die Zwiebel S. 150]).

Zweiter Abschnitt. Reaktion des Inneren der Erde gegen die Oberfläche S. 151—354 und Anm. S. 355—464:

Rückblick auf die behandelten Gegenstände von den Eigenschaften der Erde (der Materie) S. 151—152 und von der Beziehung der Erde zu ihrem Centralkörper, der Sonne S. 152. Der zweite Teil dieses Bandes ist der Reaktion des Inneren der Erde gegen ihre Oberfläche gewidmet, die ich auch mit dem allgemeinen Namen des Vulkanismus oder der Vulkanität belege S. 152. Ueber die Einheit dieser allgemeinen Eigenschaft und ihre verschiedenen Wirkungen S. 152—153, Einteilung und Stufenfolge der Klassen vulkanischer Erscheinungen S. 152—153 (es ist wahrscheinlich, daß diese vulkanische Lebensthätigkeit allen Weltkörpern eigen sei S. 153). Anknüpfung dieses zweiten großen Teils an den Schluß des ersten Teils, an den Erdmagnetismus und die Lichtentwickelung durch denselben S. 153; es folgt zunächst diejenige Klasse der vulkanischen Thätigkeit, welche, ganz wie die magnetische, nur dynamisch wirkt: Bewegung, Schwingungen in der Feste erregend; nachfolgende gesteigerte Erscheinungen oder weitere Abstufungen des Vulkanismus S. 154.

a. **Erdbeben** S. 154—166 und Anm. 1—19 S. 355—361: Unter den mannigfach sich steigernden Phänomenen der Reaktion des Inneren gegen die äußere Erdrinde sind zuerst diejenigen abzusondern, deren wesentlicher Charakter ein bloß dynamischer, der der Bewegung oder der Erschütterungswellen in den festen Erdschichten, ist: eine vulkanische Thätigkeit ohne notwendige Begleitung von chemischer Stoffveränderung, von etwas Stoffartigem, ausgestoßenen oder neu erzeugten. Fortschritte der Erkenntnis vom Erdbeben seit dem Erscheinen des ersten Bandes S. 154 (Anm. 1 S. 355). Wesentlicher Charakter des Phänomens, es ist zu unterscheiden zwischen dem Impuls zur Erschütterung und der Beschaffenheit und Fortpflanzung der Erschütterungswellen S. 154; meine eigene Erfahrung und Beobachtung von Erdbeben und deren Folgen in den verschiedensten Gegenden und von der verschiedensten Art S. 154—155 (Anm. 2 S. 355). Nach jenen zwei Momenten unterscheidet man zwei Klassen der Probleme von sehr ungleicher Zugänglichkeit: die erstere, die der wirkenden Kraft, welche als Impuls die Vibration erregt, kann nach dem jetzigen Zustande unseres Wissens zu keinen allgemein befriedigenden Resultaten führen; Allgemeines über die Erklärungsarten S. 155; kurze Zusammenstellung der verschiedenen Ansichten über die Natur des ersten Impulses (der Ursachen) zur Erschütterung S. 156 und Anm. 3 bis 7 S. 355—357 [Anm. 3 S. 355—356: über die Idee einer

Attraktion des Mondes und der Sonne auf die geschmolzene Oberfläche des Erdkerns als Ursache (Impuls zu) der Erschütterung (unterirdische Ebbe und Flut) S. 355; über die Dicke des festen oder starren Teils der Erdrinde und die Tiefe, in welcher der geschmolzene Zustand des Erdinneren beginnt S. 356]. Mit mehr Klarheit sind die Wirkungen des Impulses, die Erschütterungswellen, auf einfache mechanische Theorieen zurückgeführt S. 157; über die Erdwellen und Erschütterungen (Fortschritte und Geschwindigkeit der Erdwellen, rotatorische und geradlinige Erschütterungen) S. 157 und Anm. 8 S. 358 [Anm. 8 S. 358: über die Idee von der Erleichterung der Verbreitung der Erd- oder Erschütterungswellen durch die inneren Höhlungen der Erde]; die sie begleitenden Phänomene von Ausströmungen S. 158 (wandernde Moyakegel; Anm. 9 S. 358) (Wirkung und verschiedenartige Erscheinungen bei dem Erdbeben von Riobamba S. 158 und Anm. 10 S. 358); Erzeugung von Spalten und Erguß von Flüssigkeiten durch sie als begleitende Erscheinung S. 159 (Anm. 20 S. 358); Erweiterung des Erschütterungskreises S. 159. Physische Veränderungen, welche die Erdbeben durch Erzeugung von Spalten veranlassen: stoffartige Produktionen, d. h. Stoffe aus Spalten emporsteigend, fern von allen Vulkanen S. 160; Zusammenhang der Erdbeben mit den warmen Quellen S. 160—161 und Anm. 12 S. 358 (Zonen vulkanischer Thätigkeit S. 161 und Anm. 13, 14 S. 358—359); Ansichten über den Kausalzusammenhang der Erdbeben und verderblicher Einfluß der letzteren im Altertum; auffallende Unveränderlichkeit vieler warmer Quellen S. 161.

Getöse beim Erdbeben S. 162 (Anm. 15, S. 360), Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Erdbebens S. 162—163 [Anm. 16 S. 360: die des Erdbebens von Lissabon; Poseidon und Neptun als Urheber der Erdbeben und in Verbindung mit ihnen (d. h. Erderschütterungen vom Meeresboden ausgehend)]. Erderschütterungen und plötzliche Feuerausbrüche lange ruhender Vulkane haben allerdings einen gemeinschaftlichen Kausalzusammenhang in der hohen Temperatur unseres Planeten, aber eine dieser Erscheinungen zeigt sich meist ganz unabhängig von der anderen S. 163: Erdbeben ohne Vulkanausbruch und umgekehrt S. 163, Erschütterungen sich auf dem Meeresboden fortpflanzend oder von ihm ausgehend und große Wellen erregend S. 164. Erschütterungen, welche auf den kleinsten Raum eingeschränkt sind und offenbar der Thätigkeit eines Vulkans ihren Ursprung verdanken: am Vulkan selbst (doch Mangel der Erschütterung am Aschenkegel) S. 164 (Anm. 17 S. 360); eine zweite, unendlich wichtigere Gattung von Erdbeben ist die sehr häufige, welche große Ausbrüche von Vulkanen zu begleiten oder ihnen voranzugehen pflegt S. 165; am weitesten verbreitet sind aber drittens die Erschütterungswellen, welche unvulkanische oder vulkanische Länder durchziehen, ohne irgend einen Einfluß auf die nahen Vulkane auszuüben S. 165 (Anm. 17 S. 360) (dahin gehört auch der

seltene Fall, daß in unvulkanischen Ländern der Boden auf engem Raume monatelang erbebt S. 165). Diese verschiedenen Arten der Manifestation vulkanischer Thätigkeit führen zu Resultaten über den Kausalzusammenhang der Erscheinungen S. 166; bisweilen umfaßt die vulkanische Thätigkeit einen so großen Teil des Erdkörpers, daß die Erschütterungen des Bodens mehreren miteinander verwandten Ursachen gleichzeitig zugeschrieben werden können S. 166 [Anm. 19 S. 361—362: Folge der einzelnen Erscheinungen der langen, zusammenhängenden und weitverbreiteten vulkanischen Regungen, Vulkanausbrüche und Erdbeben, wie ihrer Zerstörungen im neuen Kontinent in den Jahren 1796 bis 1797 S. 361, 1811 bis 1812 S. 361].

b. **Thermalquellen** S. 166—181 und Anm. 20—33 S. 362—368, d. h. die Reaktion des Inneren der Erde sich offenbarend durch die den Quellwassern mitgeteilte erhöhte Temperatur, wie durch Stoffverschiedenheit der beigemischten Salze und Gasarten. — Die vulkanische Macht, welche, dynamisch wirkend, Erdbeben erzeugt, ist auch fähig, unter Umständen Stoffartiges zu produzieren und an die Oberfläche zu leiten; dem kurzen und ungestümen Auswurfsphänomen steht zur Seite das große, friedliche Quellensystem der Erdrinde S. 166. Unbestimmtheit und Schwierigkeit der Einteilung der Quellen in kalte und warme S. 167 und Anm. 20 S. 362—363 [Anm. 20 S. 362—363: mittlere Temperatur der Wasser großer Flüsse im tropischen Amerika, aus meinen Tagebüchern zusammengestellt, um mit ihr die Temperatur der unmittelbar aus den Erdschichten hervorbrechenden Quellen vergleichen zu können, und einige Betrachtungen über die Temperatur der Wasser dieser Flüsse]. Das Ausbrechen von Quellen aus Spalten ist ein so allgemeines Phänomen der Erdoberfläche, daß Quellen an einigen Punkten den am höchsten gehobenen Gebirgsschichten, in anderen dem Meeresboden entströmen S. 168; Beobachtung der Temperatur der Quellen und ihre Trennung in solche, welche unveränderliche Temperatur haben, und in die mit den Jahreszeiten veränderlichen S. 168; wovon die Temperatur der veränderlichen Quellen abhängig ist S. 168 (Anm. 21 S. 363); Quellentemperatur in denjenigen Teilen des nördlichen Asiens, in welchen eine ewige Eisschicht oder Eisstücke in einer Tiefe von wenigen Fußen gefunden werden S. 168, und in den Hochebenen oder auf hohen Bergen der Tropenzone S. 169. Wirkliche Beobachtungen sind von den darauf gegründeten Schlüssen zu trennen S. 169; dreierlei Elemente der Wärme: thermische Zustände der Erdrinde, des Ozeans und der Atmosphäre, und der Gang und die Verhältnisse der Temperaturveränderung in ihnen S. 169—170. Temperatur der (nicht veränderlichen) auf bedeutenden Höhen ausbrechenden oder befindlichen Quellen S. 170—171 (Anm. 22 S. 363); vielfache Einwirkungen auf die Temperatur durch die Verhältnisse in der Höhe und Tiefe, in der Luft, dem Inneren der Erde und dem

Meere: im allgemeinen (die vielen, auf die vertikale Wärmevertei- lung wirkenden Faktoren) S. 171; diese Einwirkungen und andere auf die Gebirgsquellen, Verhältnisse der Abnahme der Temperatur in der Höhe S. 172 (Alpen S. 172, Andes S. 172; Wirkungen des Meeres auf die Temperatur S. 173; verschiedene Temperaturverhältnisse in der Erhebung über dem Meere und Schluß davon auf die Temperatur der Gebirgsquellen S. 174—175 (Anm. 23 S. 363). Des heiligen Patricius Erklärung der heißen Quellen durch die hohe Temperatur der Tiefe S. 175 (Anm. 24 S. 363 bis 364); heiße Quellen von hoher Temperatur: im allgemeinen S. 176, im neuen Kontinent S. 176 (die von Comangillas S. 176, von las Trincheras S. 176 und Anm. 25 S. 364), in Indien S. 177, auf Island isländische Kochbrunnen oder Kochquellen S. 177 (Anm. 26 S. 364) (besonders der Geisir S. 177 und Strokkr S. 178). Reinheit und verschiedene Zusammensetzung und Bestandteile der heißen Quellen S. 178 (Anm. 27—29 S. 364—365), Säuerlinge S. 179, Schwefelquellen oder Schwefelwasser S. 179 und Anm. 30 S. 365 (der rio Vinagre S. 179—180; das Gleichbleiben der Temperatur und der chemischen Beschaffenheit der Quellen ist noch um vieles merkwürdiger als die gelegentliche Veränderlichkeit S. 180 [Anm. 31 S. 365—366: über die Styxquelle und die Schädlichkeit der Wasser der Styx, Styxsagen des Altertums]; geognostische Wichtigkeit der heißen Quellen als umändernd und schaffend S. 180 (Anm. 32 S. 366). Ed. Hallmanns Arbeit über die Temperaturverhältnisse der Quellen, seine Messungen und seine dreifache Einteilung der Quellen S. 181 [Anm. 33 S. 366—368: über Hallmanns neue, auf seine 5jährige Beobachtung von sieben Quellen zu Marienberg bei Boppard gegründete Arbeit über die Temperaturverhältnisse der Quellen im Vergleich zu der Temperatur der Luft und der Regenmenge (Abweichung des Quellmittels vom Luftmittel), nur die veränderlichen Quellen betreffend (mit Ausschluß der beständigen oder rein geologischen) S. 366; Mitteilungen daraus: erste Abteilung: die rein meteorologischen Quellen S. 181; zweite Abteilung: die meteorologisch-geologischen S. 367; seine abnorm kalten Quellen, aus seiner späteren Reise nach Italien; Modifikation seiner Ansichten im zweiten Bande seiner Arbeit S. 368].

c. **Dampf- und Gasquellen, Salsen, Schlammvulkane, Naphthafeuer** S. 181—182 und Anm. 33—44 S. 368—374, d. h. die Reaktion des Inneren der Erde, sich offenbarend durch den Ausbruch elastischer Flüssigkeiten, zuzeiten von Erscheinungen der Selbstentzündung begleitet. — Die Salsen ein Mittelglied zwischen den heißen Quellen und den eigentlichen Vulkanen; die Salsen und Naphthabrunnen stehen teils vereinzelt in engen Gruppen, teils in schmalen Zügen aneinander gereiht S. 182; die Schlammvulkane und Naphthafeuer des Kaukasus S. 182—183 und Anm 34, 35 S. 368—370 [Anm. 34 S. 368—370: meine Ansicht über den Zusammenhang der asiatischen Gebirgsketten

(nach ihrer Streichungsrichtung und ihren Erhebungslinien), besonders über den Kaukasus als eine Fortsetzung des Tian-schan S. 368, bestätigt durch Abichs Beobachtungen S. 369, über den Namen Kaukasus S. 369 und die an ihn geknüpften Mythen, besonders die des Typhon und über den Kaukasus als seinen Sitz, gegründet auf die Ansicht vom Kaukasus als einem vulkanischen Gebirge S. 369; diese Ansicht noch jetzt gerechtfertigt S. 370]; die Schlammvulkane der Halbinsel Taman S. 183. Eine stoffartig verschiedene, aber ihrer Entstehung nach gewiß verwandte Erscheinung sind in der toskanischen Maremma die heißen, borsauren Dampferuptionen: Fumarolen, soffioni S. 184 (Anm. 36 S. 370); das Soffionensystem von Island S. 184, Brenngasquellen in Nordamerika S. 185, Gruppe von Salsen oder Schlammvulkanen (volcanitos) bei Turbaco in Südamerika S. 185 und Anm. 37 S. 371 [Anm. 37 S. 371: Joaquin Acostas neuer Bericht über seinen Besuch der Schlammvulkane von Turbaco, besonders die veränderte Natur des ausströmenden Gases S. 371; über das große Ausbruchphänomen von Galera Zamba und andere Salsen der Provinz Cartagena S. 371; Anm. 38 S. 371—372: Rechtfertigung meiner Beobachtungen und Analyse des Gases dieser Schlammvulkane durch die Stelle meines Tagebuchs S. 372; neueste Beobachtungen derselben durch Vauvert de Méan und Analysen der von ihm mitgebrachten Wasserproben; Bestandteile in Italien ausgestoßener Gase S. 372] (Grenze der Entzündbarkeit von Gas S. 187); mächtiger Flammenausbruch und Erdumwälzung bei Cartagena de Indias durch den Gasvulkan der Galera Zamba S. 187. Die Gleichheit der Erscheinungen, welche in den verschiedenen Stadien ihrer Wirksamkeit die Salsen, Schlammvulkane und Gasquellen anderwärts darbieten, offenbart sich in ungeheuren Länderstrecken im chinesischen Reiche: Feuerbrunnen oder ho-tsing der Chinesen S. 188—189 (Anm. 40 S. 373); Salsen und Stickgrotten auf der Insel Java S. 189 (Anm. 41—43 S. 373); Beschreibung eines Ausbruchs von heißen Schwefeldämpfen in dem azufral de Quindio S. 190, der azufral des cerro Cuellu und Naphthaquelle aus Glimmerschiefer im Golf von Cariaco S. 191 (Anm. 44 S. 373). Allgemeine Betrachtung über die Art vulkanischer Thätigkeit, welche sich durch Hervordringen von Dämpfen und Gasarten, bald mit, bald ohne Feuererscheinungen, offenbart; d. h. verschiedene hervorgetriebene Stoffe und die verschiedenen Benennungen für die Gattungen S. 192, Wesen und Unterschiede der verschiedenen Gattungen S. 192.

d. **Vulkane mit und ohne Gerüste (Kegel- und Glockenberge)** S. 192—354 und Anm. S. 374—464, d. h. die Reaktion des Inneren der Erde gegen die Oberfläche sich offenbarend, in ihrem höchsten und in seinen Aeußerungen kompliziertesten Grade der Steigerung, durch die großartigen und mächtigen Wirkungen eigentlicher Vulkane, welche (bei permanenter Verbindung durch Spalten

und Krater mit dem Luftkreise) aus dem tiefsten Inneren geschmolzene Erden teils nur als glühende Schlacken ausstoßen, teils gleichzeitig, wechselnden Prozessen kristallinischer Gesteinbildung unterworfen, in langen, schmalen Strömen ergießen, welche die großen und so verschiedenartigen Prozesse kristallinischer Gesteinbildung auf trockenem Wege hervorrufen und deshalb nicht bloß auflösen und zerstören, sondern auch schaffend auftreten und die Stoffe zu neuen Verbindungen umgestalten. — Unter den mannigfaltigen Arten der Kraftäußerung in der Reaktion des Inneren unseres Planeten gegen seine obersten Schichten ist die mächtigste die, welche die eigentlichen Vulkane darbieten, d. i. solche Oeffnungen, durch die neben den Gasarten auch feste, stoffartig verschiedene Massen an die Oberfläche gedrängt werden S. 193. Einzeln stehende Kegelberge und zusammenhängende vulkanische Gebiete von großem Umfange S. 193; Eruptionsmassen in solchen Gebieten, welche von den Bergen ganz unabhängig zu sein scheinen, früher aus Spalten hervorgedrungen, oder sehr alte vulkanische Formationen, auf Spalten ausgebrochen vor der Bildung eines Vulkans S. 193 (Lavaausbruch auf Euböa S. 194 [Anm. 45 S. 374 griechische Benennungen für vulkanische Erscheinungen: Lava u. a.]); diese Spalten und die später entstandenen Erhebungskrater sind nur als vulkanische Ausbruchöffnungen, nicht als Vulkan selbst zu betrachten S. 194.

Hauptcharakter des Vulkans: er bedarf eines Gerüstes, Hebung und Auftreibung des Bodens S. 194 (Anm. 46 S. 374); die Sprengung dieser Auftreibung des Bodens erzeugt bald allein einen Erhebungskrater, bald in dessen Mitte einen dom- oder kegelförmigen Berg; der letztere ist dann meist an seinem Gipfel geöffnet, und auf dem Boden dieser Oeffnung (des Kraters des permanenten Vulkans) erheben sich vergängliche Auswurfs- und Schlackenhügel, kleine und große Eruptionskegel S. 195 und Anm. 47 S. 374—375 [in allgemeinerer Fassung: Hergang der Bildung eines Vulkans, seiner verschiedenen Arten und Teile oder Gerüste: Hebung, Auftreibung des Bodens, Erhebungskrater, dom- oder kegelförmiger Berg, Krater, Eruptionskegel S. 195] [Anm. 47 S. 374—375: über Erhebungskrater nach Leopold von Buch und in verschiedenen Gegenden der Erde]; gelegentliche Zertrümmerung der alten Gerüste S. 195. Die neuere Zeit hat das Verdienst, eine genauere Bestimmung der Verhältnisse der Vulkane in ihrer Gestaltung bewirkt und bestimmtere Ausdrücke eingeführt zu haben S. 195. Das Hervorbrechen von feuerflüssigen Massen und festen Stoffen kann man sich auf viererlei Weise vorstellen; die Erscheinungen sind, wenn man von den einfachen zu den zusammengesetzten vorschreitet: 1) Eruptionen auf Spalten, 2) Ausbrüche durch Aufschüttungskegel, 3) Erhebungskrater, 4) geschlossene Glockenberge oder an der Spitze geöffnete Erhebungskegel, entweder mit einem wenigstens teilweise erhaltenen Circus umgeben oder

auffallend verschieden sind, so ist die relative Stellung der Erhebungskegel bisweilen noch sonderbarer S. 206—207 (Anm. 57 S. 378).

Die kleinste und größte Höhe, in denen die vulkanische Thätigkeit des Inneren der Erde sich an der Oberfläche permanent wirksam zeigt, ist für die physische Erdbeschreibung von Interesse; das Maß der hebenden Kraft offenbart sich allerdings in der Höhe vulkanischer Kegelberge, aber über den Einfluß der Höhenverhältnisse auf Frequenz und Stärke der Ausbrüche ist nur mit vieler Vorsicht ein Urteil zu fällen S. 207. Ich begnüge mich vorsichtig für die vergleichende Hypsometrie der Vulkane fünf Gruppen aufzustellen, mit Zusatz von Beispielen; nähere Erläuterungen über diese Zusammenstellung S. 208 (Anm. 58, 59 S. 378—379); die fünf Gruppen der Vulkane, abgeteilt und geordnet nach ihrer Höhe, von der geringsten beginnend S. 209—211 [dazu die Anm. 60—85 S. 379—384, jede einem einzelnen Berge gewidmet, enthaltend spezielle Nachrichten, Mitteilungen und Bemerkungen über die einzelnen, in der Stufenleiter genannten Vulkane]. Betrachtungen und Folgerungen aus dieser Stufenleiter der Vulkane: es gibt keinen notwendigen Zusammenhang zwischen dem Maximum der Erhebung, dem geringen Maße der vulkanischen Thätigkeit und der Natur der sichtbaren Gebirgsart S. 211; Beispiele, daß viele hohe Berge nicht Vulkane sind, in Amerika und Asien S. 211—212 (Anm. 86 S. 384); auch über das Verhältnis der absoluten Höhe zu der Häufigkeit und dem Maß der Entflammung ist kein sicheres Gesetz aufzustellen S. 212; Beispiel, daß nicht die Anzahl der Eruptionen der Höhe der Vulkane umgekehrt proportional sei; Kontraste S. 212. Spezielle Beschreibung und Geschichte von fünf Vulkanen und einer vulkanischen Erscheinung: allgemein S. 213; der Stromboli S. 213 (Anm. 87 S. 384), die Chimära S. 214 (Anm. 88 S. 384); der Vulkan von Masaya S. 214—216 (Anm. 89—91 S. 385—386), von Izalco S. 216 (Anm. 92 S. 386), von Fogo S. 217; der Sangay S. 217—218 und Anm. 93 S. 386—387 [Anm. 93 S. 386—387: über das in weiter Ferne gehörte Krachen dieses Berges (S. 386) und das Getöse anderer Vulkane S. 387)].

Mehr noch als die Gestalt und Höhe der Vulkane ist ihre **Gruppierung** wichtig S. 219. Vulkanische Gebiete und Systeme S. 219, besonders das Brandland in Italien S. 219 [Anm. 94 S. 387: Strabo über zwei Entstehungsarten der Inseln S. 387; über die Pithecusen oder Affeninseln, ihre Namen und ihre rätselhafte Beziehung auf Affen S. 387], Typhon und Pyriphlegethon S. 219—220 [Anm. 95 S. 388: über Typhon S. 388, der im Inneren der Erde zusammengepreßte Wind (πνεῦμα) von den Alten als die Ursache der Vulkanizität betrachtet S. 388; diese Ursache in der mit der Tiefe zunehmenden Wärme gefunden, der Pyriphlegethon S. 389]. — Die **Reihenvulkane** (im Gegensatz zu den Gruppierungen um einen Centralvulkan): allgemein und Aufzählung von Reihen auf der Erde S. 220. Spezielle Betrachtung der

einzelnen Gruppen der Reihenvulkane, zunächst im **neuen Kontinent:** die Reihenvulkane von Centralamerika S. 220—224: Erstreckung und Häufung S. 220 (Lage der vulkanischen Spalten im ganzen neuen Kontinent S. 221 und Anm. 96 S. 389), Linien und ihre Richtung S. 221, Höhe der Vulkane S. 221—222 (die Erniedrigung des Landes in der Gegend des Sees Nicaragua bewirkt in der Südsee die Papagayos, Nordoststürme S. 222 und Anm. 97, 98 S. 389). Ueber die von mir vorgelegte neue Arbeit über die Reihenvulkane von Centralamerika S. 223 [große Anm. 99 S. 389 bis 395, aufzählend und behandelnd die Vulkane Centralamerikas: von meiner früheren Arbeit über 17 gereihte Vulkane S. 389, ausgedehnt durch spätere Arbeiten anderer S. 390; Verzeichnis der Vulkane von Süden gegen Norden, von mir aus allen Materialien zusammengestellt, mit spezieller Bestimmung, Nachrichten und Bemerkungen über die einzelnen; ihre Reihung, Richtung und Gruppen S. 390—395]; Zahl der Vulkane und besonders der noch entzündeten S. 223 [Anm. 100 S. 395: Aufzählung der gegenwärtig noch thätigen Vulkane, ihre neuesten Ausbrüche], über den häufigen Mangel von Lavaströmen in ihnen S. 223; Wunsch, daß ein mit den Vulkanen bekannter Reisender, besonders zu geognostischen, oryktognostischen und geologischen Bestimmungen und Beobachtungen, diese Gegend besuchen möge S. 223; nördlichster Vulkan S. 224. — Mexikanische Vulkane, besonders ihr Ausbruch auf einer von Osten nach Westen gerichteten Spalte um den Parallelkreis von 19° S. 224—225 [Anm. 101 S. 395—396: Nachweisung der Fundamente dieser Ortsbestimmungen der mexikanischen Vulkane S. 395; Ortsbestimmung des Vulkans von Colima S. 395, dieser Vulkan nach Rugendas S. 395] (der Jorullo S. 225); westliche Verlängerung dieses Parallels vulkanischer Thätigkeit S. 226. — Reihenvulkane von Neugranada und Quito S. 226—227, besonders die zwei oder drei Kordilleren S. 227, Wanderung und Zunahme der vulkanischen Thätigkeit nach Süden S. 227. — [[Große vulkanleere Strecken der Andeskette von Südamerika und kürzere, zwischen den vulkanischen liegende S. 227. In dem Teil der Kordilleren von 46° südl. bis 19¼° nördl. Breite, die fünf Gruppen von der Vulkangruppe von Chile bis zu der von Mexiko (die drei schon behandelten, dazu die Gruppe von Peru und Bolivia und die von Chile) begreifend, ist unbedeutend mehr als die Hälfte mit Vulkanen bedeckt S. 228 [Anm. 102 S. 396—397: Elemente dieses Resultats: Längenbestimmung dieser 5 Gruppen der Reihenvulkane in der Andeskette (von N nach S) und (zwischen ihnen) die Entfernung der Gruppen voneinander (der vulkanfreie Raum zwischen ihnen) S. 396; allgemeines Resultat über die Länge und das Verhältnis des Areals, das vulkanisch und unvulkanisch ist S. 397]; Verteilung des vulkanleeren Raumes zwischen die fünf Vulkangruppen, Abstände S. 228. Zahl der Vulkane in diesen fünf Gruppen: überhaupt und die der noch entzündeten S. 229

[Anm. 103—107 S. 397—402: Aufzählung der Vulkane der einzelnen Gruppen: Anm. 103 S. 397 kurze Aufzählung der Vulkane von Mexiko; Anm. 104 S. 397 desgl. der von Neugranada und Quito; Anm. 106 S. 397: ausführliche Aufzählung der Vulkanreihe des südlichen Perus und Bolivias von N nach S mit genauen Bestimmungen und Erläuterungen über jeden einzelnen Vulkan (die 4 höchsten Berge der Himalayakette nach Waugh S. 398), großer vulkanleerer Raum bis zur Gruppe von Chile S. 399; Anm. 107 S. 399—402: allgemeine Betrachtungen und Bemerkungen über die gereihten Vulkane und die vulkanische Natur von Chile: Aufklärung durch Fitzroy und Darwin S. 399, die Reihe von Felsinseln längs der Küste bis zur Magelhaensstraße eine versunkene westliche Kordillere S. 399; die einzelnen Vulkane der Vulkangruppe von Chile von N gen S aufgezählt, in vier Abteilungen: mit speziellen Bestimmungen, Nachrichten und Erläuterungen S. 400—402]; Erklärung über die Grundsätze, nach denen diese Zählung gemacht ist: was ich Vulkane nenne und als Vulkane rechne S. 229, was noch entzündete S. 229].
Fortsetzung der Vulkanreihe von Neugranada und Quito S. 230 bis 231: Aufstellung von vier kleineren Gruppen S. 230; die Vulkane von Quito und ihr großer Ruf S. 230, aus ähnlichen Gründen wie beim Montblanc S. 230. — Die Vulkanreihe von Peru und Bolivia im allgemeinen S. 231 (die ausführliche Aufzählung und Behandlung der einzelnen Vulkane s. schon S. 562 Z. 4—8 v. o.)
[Verändertes Streichen der Andeskette, der Vulkanreihe oder vulkanischen Spalte und des Litorales von Südamerika von Arica an bis zur Magelhaensstraße S. 231, andere Uebereinstimmungen zwischen dem Umriß des neuen Kontinents und den Kordilleren S. 231 [Anm. 109 S. 402—405: genaue Schilderung der drei Reihen des Kordillerengebirges von Südamerika von dem Bergknoten de los Robles gen Norden: in ihren Richtungen, Verbindungen und Verzweigungen, Höhen u. s. w., und zwar: der Bergknoten de los Robles S. 402, von da an Dreiteilung der Andeskette S. 402; die westliche Kordillere S. 402 (davon ist zu unterscheiden eine unbedeutende Hügelkette, welche bei der Frage der Verbindung beider Ozeane in Betracht kommt S. 402), die mittlere Andeskette oder Centralkordillere S. 403, die östliche Kordillere S. 403; über die vulkanische Thätigkeit in den drei Ketten S. 404]]. Die vulkanische Thätigkeit findet sich zwar in Bolivia und Peru meist nur in dem der Südsee näheren westlichen Zweig der Andeskette, doch ist auch ein Krater in der östlichen Kette, in der Meeresferne, aufgefunden S. 231 bis 232 (Anm. 110 S. 405). — Vulkanreihe von Chile (durch eine vulkanleere Strecke von der vorigen geschieden S. 232) S. 232 (die genaue und ausführliche Betrachtung dieser Vulkanreihe und Behandlung der einzelnen Berge s. oben S. 562 Z. 9—17 von

oben) (mittlere größte Höhe der südamerikanischen Vulkanreihen S. 232).

Reihenvulkane des **alten Kontinents.** In ihm gehören, im Gegensatz mit dem neuen, die größere Zahl zusammengedrängter Vulkane nicht dem festen Lande, sondern den Inseln an: europäische Vulkane, Vulkane von Asien S. 223; lebhafte vulkanische Thätigkeit auf einem kleinen Raum der asiatischen Inselwelt S. 233. — Vulkane von Java S. 233—240 und Anm. 111—121 S. 405—408: Menge seiner Vulkane, aufgeklärt durch Junghuhn S. 233; die wichtigen Sedimentformationen tertiärer Bildung von Java, fossile Flora S. 234 (Anm. 111 S. 405); Höhe der Vulkane von Java im Vergleich mit den südamerikanischen S. 235; höchster Berg der Insel, Semeru S. 235 (Anm. 112, S. 405), andere hohe Berge S. 235 (Anm. 113, 114 S. 405); die mittlere Höhe der Vulkane Javas mit der der Vulkane Centralamerikas verglichen, der höchste Vulkan Asiens S. 235. Allgemeine und partielle Richtung der Vulkankette von Java und Betrachtung über dieses Spaltenphänomen S. 236); auch auf Java bemerkt man kein bestimmtes Verhältnis zwischen der Höhe und der Größe des Gipfelkraters, die Krater der Vulkane S. 236 (Anm. 115, S. 406); auch in den Vulkanen von Java wird Gleichzeitigkeit großer Eruptionen viel seltener bei einander nahe liegenden als bei weit voneinander entfernten Kegeln beobachtet S. 237 (Anm. 116 S. 406). Gerippte Gestaltung der Vulkane von Java, rippenförmige Längerücken, Rippen S. 237 bis 238); ihre Entstehung wird der Auswaschung durch Bäche (Meteorwasser) zugeschrieben S. 238, die barrancos der Kanarischen Inseln und Südamerikas sind etwas Aehnliches S. 239 (Anm. 117 bis 118 S. 406); Lavaströme auf Java nicht mangelnd, Steinströme S. 239 und Anm. 119—121, und S. 406—408 [Anm. 120 S. 407: schlacken- und lavaartige Auswürfe des Merapi und anderer Vulkane auf Java S. 407; die verschiedenen Formen der Kontinuität oder der Sonderung der vulkanischen Massen S. 407; Charakter eines Lavastroms, Lavafelder S. 407].

Ueber die Seltenheit oder den Mangel von **Lavaströmen** im allgemeinen, alte Spaltenergüsse S. 240—241 (s. weiter nachher zu S. 252, 254 u. flg.). [[In der Reihe der mexikanischen Vulkane ist das größte und seit meiner amerikanischen Reise berufenste Phänomen die Erhebung und der Lavaerguß des Jorullo S. 241; spezielle Geschichtserzählung S. 241—244 und Anm. 122, S. 408—410 (Ausbrüche, besonders von schlammigem Wasser S. 243; meine an Ort und Stelle erhaltenen Nachrichten S. 243; Erklärung der Wasser- und Schlammausbrüche durch das Verschwinden zweier Bäche, welche jetzt warmes Wasser haben S. 244) [Anm. 122 S. 408—410: mein früherer Bericht von dem Ausbruch und der Erhebung des Jorullo und meine Angaben über den Berg durch spezielle Zusätze, sowie durch neue oder neu aufgefundene Berichte und Nachrichten vervollständigt]; Schilderung

bei zwei Bergen S. 414, beide widerlegt S. 414] (La Condamine über ausgebrannte Vulkane in Frankreich und Italien S. 255 und Anm. 134 S. 414). Meine frühen Untersuchungen über den auffallenden Kontrast zwischen den so früh erkannten, schmalen, unbezweifelten Lavaströmen der Auvergne und der oft nur allzusehr absolut behaupteten Abwesenheit jedes Lavaergusses in den Kordilleren S. 256. Vulkane von Quito in dieser Beziehung; die einzigen Spuren von Lavaausbrüchen sind am Antisana S. 256; geognostische Beschreibung des Antisana, seines Gebietes und seiner Felstrümmer oder Schuttwälle S. 256—259; Untersuchung über die Natur der letzteren, ob sie für Lavaströme zu halten seien S. 259 (Anm. 135 S. 414). Ueber Natur und Verhältnisse der Lava S. 260 (selbst vulkanischen Gipfeln entflossen, bestehen bei einigen Gerüsten Lavaströme nicht aus einer zusammenhängenden Flüssigkeit, sondern aus unzusammenhängenden Schlacken, ja aus Reihen ausgestoßener Blöcke und Trümmer) (Erscheinung am Chimborazo S. 260; Boussingaults Ansicht über vulkanische Kegel und über das Trümmerfeld des Antisana gegen meine eigene S. 260 bis 261 (Anm. 136, 137 S. 415); Fortsetzung der Beschreibung des Antisana S. 261—262; Vergleichung der Gebirgsarten des Antisana und Cotopaxi, und Topographie beider Becken S. 262 [Anm. 138 S. 415—416: der Vulkan Passuchoa; Reliefform des Bassins von Quito, d. h. Schilderung desselben und Angabe der Vulkane in der östlichen und westlichen Kordillere]; Reihen von Felsblöcken oder Trümmerzüge am Cotopaxi, und unsere Wanderung am Vulkan S. 262 bis 263 [Anm. 139 S. 416—418: Beschreibung des Cotopaxi: seine periodischen Ausbrüche und Mangel der Dämpfe dazwischen S. 416; Regelmäßigkeit seines Aschenkegels (und des anderer Berge), Schnee und schwarze Felsgrate S. 417, der obere Teil des Kegels (Umwallung) S. 417, derselbe ohne Schnee, Ausbrüche S. 417; die zackige Gesteinmasse (Fels) beim Kegel (cabeza del Inga) und ihr Ursprung S. 418; Name des Berges S. 418]. Unterirdische Bimssteinbrüche 30 km vom Cotopaxi, bei Zumbalica (ähnlich dem Bimsstein von Lipari) S. 263, und Fragen über ihre Entstehung S. 263—265 und Anm. 140—142 S. 419 [Anm. 142 S. 419 mineralogische Zusammensetzung des Gesteins des Cotopaxi]; andere Bimssteinmassen fern von Vulkanen: in den Kordilleren Südamerikas, in Mexiko und im Kaukasus S. 265 (Anm. 143 S. 419).

Als Maß und Zeugen der vulkanischen Thätigkeit, welche gleichzeitig, Spalten und Faltungen der obersten Schichten bewirkend, Senkung der oberen und Emportreibung der unteren Teile erzeugt, muß die Zahl der erkennbar gebliebenen, aus den Spalten aufgetriebenen, vulkanischen Gerüste (der geöffneten Kegel- und domförmigen Glockenberge) betrachtet werden S. 266 (Anm. 144 S. 419—420). Unvollkommenheit der versuchten Zählung und Gesichtspunkte, nach denen sie vorzunehmen ist; mein Verfahren und Resultat S. 266—267 [Anm. 145 S. 420: die heißen

Wasser von Saragyn]; Schwierigkeit der Frage, ob in den Teilen der Erdoberfläche, in welchen die meisten Vulkane zusammengedrängt sind, der geschmolzene Teil vielleicht der Oberfläche näher liege, und Schwierigkeit, die Dicke der festen Erdkruste zu bestimmen S. 267 (Anm. 146—147 S. 420—421); je unwahrscheinlicher es ist, daß die Dicke der schon erstarrten Erdkruste in allen Gegenden dieselbe sei, desto wichtiger ist die Betrachtung der Zahl und der geographischen Lage der noch in historischen Zeiten geöffnet gewesenen Vulkane S. 267—268.

Uebersicht und Aufzählung der Vulkane nach den verschiedenen Erdteilen, derer aus historischer und derer aus vorhistorischer Zeit:

I. Vulkane von Europa: aus historischer Zeit S. 268—269, vorhistorische S. 269—270 (Anm. 148 S. 421);

II. der Inseln des Atlantischen Ozeans: historische S. 270 (Anm. 149 S. 421), vorhistorische S. 270—272 (Anm. 150 S. 421): Island, Madera, Fernando de Noronha, Ascension, St. Helena, Tristan da Cunha . . . Deception island S. 270—272; vulkanische Gegend nahe beim Aequator S. 272;

III. Afrikas: historische S. 273 (Anm. 151—152 S. 421 bis 422), vorhistorische S. 273—274);

IV. des Festlandes von Asien: α) im westlichen und centralen Teil S. 274—279 und Anm. 154—157 S. 422—423: Aufzählung der historischen S. 274 (Anm. 154 S. 422); Bemerkungen über einzelne: Demavend S. 274, Flamme im Schinkhieu und die Chimära S. 275; vulkanische Thätigkeit in Arabien, Vulkan von Medina S. 276, Djebel Tir und die Umgegend der Straße Bab-el-Mandeb S. 276; vulkanische Thätigkeit im Tian-schan, mit dem Pe-schan und Ho-tscheu von Turfan S. 276—277; ob das Fabelland Gog und Magog nicht mit den zwei letzteren zusammenhänge, und Wanderung dieser Sage nach Osten S. 277—278; näher über den Pe-schan und Ho-tscheu S. 278; vorhistorische Vulkane im Kaukasus: im allgemeinen S. 278, der Ararat S. 278, einige andere S. 279; β) im nordöstlichen Teil (auf der Halbinsel Kamtschatka) S. 279 bis 284: bedeutende Zahl der thätigen Vulkane auf Kamtschatka, verglichen mit der Mittel- und Südamerikas S. 280; allgemeine Betrachtungen über sie S. 280; ihre Aufzählung von Süden nach Norden, mit den Nachrichten und Bestimmungen über jeden einzelnen, S. 280—283 (Abnahme der Höhe des Kljutschewsk S. 282, Veränderung des Vesuvs S. 282; Rat für öftere Messungen von Berghöhen in Zeitperioden S. 283); vulkanische Spuren des kamtschadalischen Mittelgebirges S. 284;

V. der ostasiatischen Inseln S. 284—293 und Anm. 158 bis 159 S. 423—424: Allgemeines; Folge der Gruppen von Norden nach Süden, mit verschiedenen Richtungen der vulkanischen Thätigkeit, oder: der innere geologische Zusammenhang des ost- und südasiatischen Inselsystems S. 284—286 und Anm. 158—159 S. 423

die Sandwichinseln oder Hawai S. 302—304 und Anm. 168 bis 171 S. 427—428 [auf Hawai: der Mauna Loa S. 302 (Anm. 168 S. 427) mit dem Lavasee Kilauea S. 303 (Anm. 169, 170 S. 427 bis 428), der Mauna Kea und Hualalai S. 303; Schnee und Schneelinie am Mauna Loa und Kea S. 304 (Anm. 171 S. 428)], einzelne Inselgruppen und Vulkane (Tonga, die Neuen Hebriden, Salomonsinseln, Marianen u. a. S. 304—305; Streichen und Gebirgsarten anderer Inseln und Gruppen S. 305, ihre Vulkane und vulkanische Spuren: Neuholland, Neubritannien, Neuguinea S. 305—306, Neuseeland S. 306—307 (Anm. 172 S. 428); andere Inselgruppen auf nordwestlichen Spalten (Neukaledonien, Fidschiinseln, Samoa u. a.) S. 307—308 (Anm. 173—174 S. 428), Tahiti S. 308—309), weitere Inseln nach Osten bis Salo y Gomez S. 309; die Galapagos S. 309—310 (Anm. 175 S. 428);

IX. Mexikos (hauptsächlich schon früher behandelt, s. oben S. 561; die Vulkane Mittel- und Südamerikas s. schon oben S. 561 bis 562, die der Westindischen Inseln nachher S. 569, S. 310 und Anm. 176 S. 429 [Anm. 176 S. 429: Pieschels Unkunde davon, daß der Pico del Fraile, der Gipfel des Vulkans von Toluca, von mir erstiegen ist S. 429; seine Besteigung und Nachrichten vom Vulkan von Colima S. 429];

X. Vulkane im nordwestlichen Amerika nördlich vom Parallel des Rio Gila S. 311—322 und Anm. 177—189 S. 429—434: allgemeine Betrachtung, besonders allgemeiner Zusammenhang mit den vulkanischen Gebieten des Stillen Ozeans, Anschluß an die mexikanische Vulkanreihe S. 311—312; die Sierra Madre und das allgemeine Hochland von Mexiko, die südamerikanische Anschwellung S. 312—313 (Anm. 179 S. 429); die nordamerikanische Anschwellung, die mexikanische fortsetzend, d. h. mein Profil der Hochebene zwischen Mexiko und Guanaxuato durch neue Messungen über Durango und Chihuahua bis Santa Fé del Nuevo Mexico fortgesetzt S. 313 (Anm. 178 S. 430); Höhen der Hauptpunkte auf dieser Linie in der Folge von Norden nach Süden nach den barometrischen Nivellierungen vom Jahre 1803—1847 S. 314—315 und Anm. 179 bis 180 S. 430—431 [Anm. 178 S. 430—431: Erläuterungen zu dieser Uebersicht der Höhen zwischen Mexiko und Santa Fé; große Unbekanntschaft geographischer Bestimmungen in diesem Teile Neuspaniens zur Zeit meiner Reise S. 430; geographische Bestimmung von Santa Fé S. 430; meine Bestimmung des Sees Timpanogos und Etymologie des Namens, die neuesten Bestimmunger von Santa Fé S. 431]. Von dieser großen, aber sanften Anschwellung des Bodens von dem tropischen Teile bis zu den Parallelen von 42° und 47° sind die mauerartigen, darauf stehenden Gebirgsketten sehr verschieden S. 316; Bifurkation der Sierra Madre in eine westliche Kette (Sierra Madre) und eine östliche oder die Rocky Mountains S. 316—317 [Anm. 181 S. 431—432: über

diese Bifurkation des Kordillerengebirges und die beiden Ketten; Bezeichnung der einzelnen Gruppen und Bergzüge der westlichen und östlichen Kette zwischen 35° und 38½° S. 431; daß die Rocky Mountains allerdings als eine Fortsetzung des mexikanischen Hochgebirges (der Sierra Madre) zu betrachten seien, und über die kontinuierliche große Anschwellung vom tropischen Mexiko bis Oregon, auf welcher die Berggruppen aufgesetzt sind S. 432; die Zwei- und Dreireihung der Andes in Südamerika S. 432]; weiter die ungeteilten Rocky Mountains und einzelne Bergzüge neben ihnen S. 317 [Anm. 182 S. 432: zu diesen Bergzügen S. 432—433; Vergleichung der Rocky Mountains mit dem Ural in Beziehung auf die Veränderung ihrer Richtung S. 433]; Vulkane, vulkanische Bergzüge und vulkanische Thätigkeit in den Rocky Mountains, an ihren beiden Abfällen und neben ihnen S. 317—318 (Anm. 183 bis 185 S. 433); Küstenketten, den Rocky Mountains parallel laufend S. 319; Aufzählung der Vulkane des Kaskadengebirges und weiter bis zum nördlichsten Punkte Amerikas S. 320—322 (Anm. 187 bis 189 S. 433—434).

Rückblick auf den allgemeinen Gang des Inhalts in dem ganzen Abschnitt von der Reaktion des Inneren der Erde gegen die Oberfläche S. 322—323. Nachdem die Oertlichkeit der Punkte, in welchen ein Verkehr zwischen dem flüssigen Erdinneren und der Atmosphäre sich lange offen erhalten hat, bestimmt ist, bleibt jetzt übrig die Zahl (vergl. oben S. 561 und da die weiteren Nachweisungen) dieser Punkte zu summieren, aus der reichen Fülle der in sehr fernen historischen Zeiten thätigen Vulkane die noch entzündeten auszuscheiden und sie nach ihrer Verteilung in kontinentale und Inselvulkane zu betrachten S. 323; Effekt der vulkanischen Ausbrüche: ihre Ungleichzeitigkeit vermindert ihn; vulkanische Gewitter, Höherauch des Jahres 1783 S. 323. Vermutliche Zahl der Vulkane auf dem Erdkörper und ihre Verteilung auf der Feste und auf den Inseln S. 324—329 und Anm. 190—194 S. 434—439; Tabelle über die Zahl der Vulkane nach der vorhergehenden speziellen Erörterung der einzelnen Gebiete S. 324—325 [Anm. 190 S. 434 bis 438: die Vulkane der kleinen Antillen (eigentlich oben nach S. 569 gehörig) S. 434—436, und zwar: allgemeine Bemerkungen über dieses vulkanische Gebiet und über das geognostische Verhältnis des Meeres der Antillen überhaupt als Teil eines großen alten Beckens S. 434; Aufzählung der Vulkane der kleinen Antillen von S nach N, mit Bestimmungen und Nachrichten über sie S. 434—436 (Dikäarchia S. 435). An die sogenannte Soufrière de la Guadeloupe sich knüpfende Betrachtungen: was man Solfatare oder Fumarole zu nennen pflegt, bezeichnet eigentlich nur gewisse Zustände vulkanischer Thätigkeit S. 436—437; verschiedene Zustände der ausgeworfenen Massen, Halbvulkane S. 486; Schwefel, Salzsäure, Wasserstoff und andere Bestandteile der vulkanischen Massen oder der

Kratergase (Emanationen der Solfataren); ihre verschiedenen Zustände, Verbindungen und ihre Wirkungen auf die Massen; die Fumarolen im allgemeinen und ihre Arten, Schwefel- und Salzsäurefumarolen S. 437—438 (besonders Schwefelwasserstoff S. 437)]; Betrachtung des Resultates dieser allgemeinen Zählung der Vulkane und das Prinzip, nach welchem ich sie vorgenommen habe S. 325 (Anm. 191 S. 438) [lange Unterbrechung von Ausbrüchen S. 438; der Vesuv in alter Zeit und nach alten Zeugnissen, die Phlegräischen Felder S. 325—326 und Anm. 192, 193 S. 438—439 (Anm. 192 S. 438 über die Gipfelform des Vesuvs nach den Nachrichten der Alten und den neuesten Untersuchungen); die Bimssteine des Vesuvs und die Bedeckung von Pompeji S. 326—328 und Anm. 193 S. 539]; ferner allgemeine Resultate der Zählung: nach den Gebieten und der geographischen Verteilung der Vulkane in ihnen nach dem Zustande neuester Zeit S. 328. Ueber die vielfach untersuchten Ursachen der großen Frequenz der Vulkane auf den Inseln und in dem Litorale der Kontinente (Einwirkung des Meeres und Meerwassers, Erhebung und Senkung des Landes) S. 329; genaue Zahlen der Meeresferne vulkanischer Thätigkeit (Entfernung der Vulkane von der Meeresküste) S. 330 (Anm. 196, S. 440); große Ferne der Vulkane des Tian-schan, aber Nähe zu Binnenseen S. 330—331 und Anm. 198, S. 440—442 [Anm. 198 S. 440—442: über die Bergketten Innerasiens, besonders nach der Vorstellung der Griechen: alte Kunde vom Tian-schan (Mousart) S. 440; der Kuen-lün und der Tian-schan sind, neben dem Himalaya, der allgemeine Berggürtel oder die einzige Asien durchstreifende Parallelkette der Alten (genannt der verlängerte Taurus, Imaon u. s. w.; der Imaus = Bolor) S. 441; diese den Weltteil nach der Ansicht der Griechen durchschneidende Linie des Taurus ist das Diaphragma des Dikäarchos, aufgenommen von den griechischen Geographen S. 441; Strabos Ausdruck: Atlantisches Meer; meine Ansicht von dem Zusammenhang der Richtungslinie des Kuen-lün mit der Senkung im Becken des Mittelmeers S. 441]. Senkungsgebiete: das große in Asien und sein altes System von Seen, mit ihren Wirkungen S. 331 (Anm. 199 S. 442); der Vulkan Boschan in der Mandschurei S. 332 [Anm. 200 S. 442 bis 443: über die Bergketten Innerasiens, besonders ihre Richtungen und ihren Zusammenhang, und zwar: Entfernungen des Himalaya und Tian-schan vom Meere und die vulkanische Thätigkeit des letzteren; der Kuen-lün besitzt im Schin-khieu einen Feuerbrunnen, eine ununterbrochen Flammen ausstoßende Höhle S. 442; Zusammenhang des Kuen-lün mit dem Hindu-Khu und Himalaya S. 442; der Kuen-lün von den Brüdern Schlagintweit überschritten und ihre weiteren Beobachtungen dieser und der Karakorumkette S. 443]. Bei den Untersuchungen über die geographische Verteilung der Vulkane und ihre größere Häufigkeit

auf Inseln und Litoralen ist auch die zu vermutende große Ungleichheit der schon erlangten Dicke der Erdkruste (s. oben S. 566 in Betracht gezogen worden S. 333 (Anm. 201 S. 443). Beantwortung der Frage, in welcher Art und in welchem Maße die vulkanischen Gasexhalationen auf die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre und durch sie auf das sich auf der Oberfläche entwickelnde organische Leben einwirken S. 333—334 und Anm. 202—204 S. 443, und zwar: allgemein S. 333 (Anm. 202 S. 443); Gasarten der Vulkane nach ihrer Zusammensetzung und besonders ihr Stickstoffgehalt S. 334 und Anm. 203, 204 S. 443 [Anm. 204 S. 443—444: Boussingault über die Häufigkeit der elektrischen Explosionen in der Tropengegend und die wohlthätige Mitteilung des Stickstoffs der Luft durch den Regen an die organischen Wesen S. 444; auch Salmiak wird wie Kochsalz als Produkt der Vulkane gefunden S. 444]; der alte Luftkreis und die Einwirkungen auf ihn S. 335.

Sitz der Quelle vulkanischer Thätigkeit, nach dem Alter der Gebirgsformationen und der Art des Gesteins in den verschiedenen Epochen der Geognosie verschieden bestimmt S. 335—336 (Anm. 205 bis 208 S. 444—445). Verschiedenheit der Formationen, welche die Vulkane durchbrechen S. 336—338, und zwar besonders: meine Bemühungen in der vulkanischen Hochebene von Quito zu bestimmen, auf welcher älteren Gebirgsart die mächtigen Kegel- und Glockenberge aufgesetzt sind, oder bestimmter: welche sie durchbrochen haben, und meine Entdeckung eines solchen Punktes bei Penipe am Fuß des Tunguragua, Ausbrechen des Trachyts aus Glimmerschiefer und Granit S. 336—337; ein anderes Beispiel am Sangay und dagegen die Trachytlosigkeit der alten Vulkane der Eifel S. 338 und Anm. 209 S. 445 [Anm. 209 S. 445: über die vom Sangay ausgeworfenen Trachytstücke und die merkwürdige Erscheinung der mit ihnen ausgestoßenen kleinen Stücke reinen Quarzes S. 445; Antagonismus von Quarz und Trachyt und Ursprung der Mühlsteintrachyte S. 445]. — Die Gestaltungsverhältnisse der Felsgerüste, durch welche die vulkanische Thätigkeit sich äußert oder zu äußern gestrebt hat, sind endlich in neueren Zeiten in ihrer oft sehr komplizierten Verschiedenartigkeit erforscht worden, da im vorigen Jahrhundert die ganze Morphologie der Vulkane sich auf Kegel- und Glockenberge beschränkte; beide Arten der Kenntnis, die morphologische der Felsgerüste und die oryktognostische der Zusammensetzung, sind zur vollständigen Beurteilung der vulkanischen Thätigkeit gleich notwendig: S. 338 (Anm. 210 S. 445) [was wir von dem sogenannten Vulkanismus des Mondes wissen, bezieht sich der Natur dieser Kenntnis nach ebenfalls allein auf Gestaltung S. 339 (Anm. 211 S. 445—447: der Glaube an die großen Analogien zwischen den vulkanischen Gerüsten der Erde und des Mondes ist mit der Zeit eher vermindert als vermehrt worden S. 445; über die Ringgebirge und Central-

berge des Mondes: ihren Bau, ihre Verhältnisse und ihre Beziehungen zu einander S. 446—447)].

Klassifikation der vulkanischen Gebirgsarten oder mineralogische Zusammensetzung des vulkanischen Gesteins, besonders Verallgemeinerung der Benennung Trachyt, oder Einteilung der Trachyte nach ihrer Zusammensetzung, nach der Gruppierung von Gustav Rose: Allgemeines und über G. Rose S. 339—340; Untersuchungen der von mir mitgebrachten Mineralien durch Leop. von Buch S. 339 und Anm. 212 S. 447—448 [Anm. 212 S. 447 bis 448: Geschichte der Entstehung und des Gebrauchs der Namen Trachyt und Domit S. 447; über mein Profil der Kordilleren vom Jahre 1802, und daß Leop. von Buch mit Unrecht mir die erste Anerkenntnis zuschreibt, daß die Vulkane der Andeskette in einem Porphyr ihren Sitz haben, der Porphyr zu den vulkanischen Formationen gehört S. 448, da Rose zuerst das vulkanische Gestein des Siebengebirges eine Porphyrart genannt hat S. 448]; gegen eine Beschränkung des Begriffes des Trachyts S. 340; über Klassifikation und Benennung der Trachyte S. 340—341. Klassifikation der Trachyte nach den darin eingeschlossenen Kristallen und der Association ihrer wesentlichen Gemengteile in 6 Gruppen oder Abteilungen nach den Bestimmungen von Gustav Rose (und meist in seinen Worten gegeben): ihre Bestandteile und Kristalle, und Bezeichnung der Gegenden und Stellen, wo die einzelnen Trachytarten vorkommen, und der Vulkane, welche aus diesen Massen gebildet sind: zunächst über die Arbeit von G. Rose S. 341 (Anm. 214 S. 448); erste Abteilung S. 341, zweite Abteilung S. 341—342 [Anm. 216 S. 449—450: geognostische und mineralogische Verhältnisse des Siebengebirges nach H. von Dechen, besonders seine Trachyte, Trachyt- und Basaltbildung; Quarzkristalle in den Trachyten], dritte Abteilung S. 342—343 (Anm. 217—218 S. 450), vierte Abteilung S. 343 und Anm. 219—221 S. 450—454 [Anm. 219 S. 450: Deville über den (oligoklashaltigen) Feldspat in den Trachyten von Tenerifa. — Anm. 220 S. 451—457: Höhenbestimmungen des Popocatepetl nach meiner und späteren Messungen S. 451, die damit kontrastierende Barometermessung der Herren Truqui und Craveri S. 451; die 453 von mir in den Tropengegenden Amerikas gemachten Höhenbestimmungen wurden ohne Ausnahme mit Ramsdenschen Gefäßbarometern, nicht mit Apparaten gemacht, in welche man nacheinander mehrere frisch gefüllte Torricellische Röhren einsetzen kann S. 452; meine Empfehlung dieser Röhren, wo sie gebraucht werden können, zur Prüfung der Sicherheit der Barometermessung S. 452; über die Erfordernisse und das zu Beachtende bei Höhenmessungen durch das Barometer S. 453; das Resultat von Truquis Messung des Popocatepetl mit zwei anderen verglichen S. 453. — Anm. 221 S. 454—457: über die Analyse des Chimborazogesteins oder des Trachyts vom Chimborazo S. 454; diese Analyse, gemacht von Rammelsberg und

Abich, mir mitgeteilt von G. Rose S. 454–455; Rose über die bedeutenden Unterschiede beider Analysen; eine sorgfältige Vergleichung vieler Analysen Devilles beweist, daß der Gehalt an Kieselsäure in der Grundmasse des trachytischen Gesteins meist größer ist als in den Feldspaten, welche sie enthalten S. 455; Devilles Tafel darüber von fünf großen Vulkanen der Andeskette S. 456, und seine Erläuterungen über diesen Unterschied des Kieselsäuregehalts; das Resultat des Kieselsäuregehalts im Chimborazogestein nach den drei Analysen verglichen S. 457. Ueber die angebliche Ersteigung des Gipfels des Chimborazo (3. November 1856) durch Herrn Jules Remy und die von ihm nach dem Siedepunkte angegebene Höhe des Berges S. 457], fünfte Abteilung S. 343 [Anm. 222, 223 S. 458: die Trachytgesteine des Aetna in ihren Bestandteilen: Labrador (Anm. 222) und Augit (Anm. 323)], sechste Abteilung S. 343–344 [Anm. 224 S. 458: über das Leucitgestein und den Leucit in vulkanischem (nicht plutonischem) Gestein]; diese Klassifikation ist noch nicht als abgeschlossen zu erachten, es sind mit der Zeit Veränderungen in der Benennung der associierten Mineralien und Vermehrung der Trachytformationen zu erwarten S. 344. — Einander sehr nahe stehende Vulkane, ähnlich in Form und Bau, haben oft einen sehr verschiedenen Charakter nach der Zusammensetzung und Association ihrer Mineralien, oder: Verschiedenheit ihrer mineralogischen Konstitution S. 345. Ueber einige Namen von Trachytarten oder -formationen S. 345 (über den von mir eingeführten Namen Jurakalkstein S. 345 und Anm. 225 S. 459); über die unheilbringende Benennung Andesit S. 345—346 und Anm. 226 S. 459—461 [Anm. 226 S. 459—461: der Name Andesit mit der Bestimmung, er werde durch vorwaltenden Albit und wenig Hornblende gebildet, zuerst von Leopold von Buch 1835 in seiner Abhandlung über Erhebungskrater und Vulkane gebraucht; Stelle dieser Abhandlung, die neuen Ansichten über die Gebirgsarten der Vulkane aussprechend, S. 460; Fortsetzung seiner Ansicht über die gleichartige Bildung der Vulkane der Andes (Andesit und Trachyt) in seinem französischen Werke über die Kanarischen Inseln 1836 S. 460; der Name Andesit darauf von mir zweimal gebraucht, besonders eine Stelle über die mannigfaltige mineralogische Zusammensetzung der Vulkane S. 460, welche Abich veranlaßt hat, mir irrigerweise die Erfindung des Namens zuzuschreiben S. 460; sein Name Andesin für eine von ihm zuerst analysierte Feldspatart und über dieses Mineral S. 461; Schluß über den Andesit S. 461. — Anm. 227 S. 461—462: die trachytischen Albite bei gründlicher Untersuchung als Oligoklase erkannt; der ehemals viel verbreitete Glaube, daß ein bestimmtes Vorherrschen des Augits oder der Hornblende auch auf eine bestimmte Spezies aus der Feldspatreihe schließen lasse, scheint sehr erschüttert zu sein S. 462; die ungewöhnliche Vereinzelung gewisser Mineral-

körper und die Gründe ihrer spezifischen Geselligkeit hängen wahrscheinlich von vielen noch nicht ergründeten Ursachen zugleich ab; die spezifischen Unterschiede der Association sind aber in den gemengten Gebirgsarten wie in den Gangmassen von großer Wichtigkeit, und man muß nicht verwechseln, was ein vorherrschendes oder selten fehlendes, was ein nur sparsam sich zeigendes Glied der Association ist S. 462]; über die richtige und sichere Art der Erkennung der mineralogischen Beschaffenheit der Trachyte S. 346.

Neben den charakteristischen Gemengteilen und den Associationen, welche in der von uns angenommenen Klassifikation der Trachyte aufgeführt sind und diese besonders charakterisieren, finden sich in jedem Vulkane auch andere, unwesentliche Gemengteile, deren Frequenz oder stete Abwesenheit in oft sich sehr nahen Vulkanen große Aufmerksamkeit verdient S. 346; spezielle Behandlung der einzelnen, so als unwesentliche Gemengteile in Trachyten vorkommenden oder fehlenden Mineralspezies, mit Nachweisung ihres Vorkommens: Glimmer S. 347 (Anm. 228--229 S. 462), glasiger Feldspat S. 348 [Anm. 230 S. 462: quarzfreie und dagegen Sanidin enthaltende Porphyre in mexikanischen Erzrevieren; Ameisenhaufen bei Patzcuaro mit glänzenden Körnern von Obsidian und Sanidin erfüllt S. 463; ähnliche Beobachtung Marcous in den Rocky Mountains S. 463; Vorkommen und Mangel von glasigem Feldspat und Sanidin S. 463], Hornblende und Augit S. 348 (Uralit S. 348, Leucit S. 349, Olivin S. 349—340) und Anm. 231 bis 232 S. 463—464 [Anm. 231 S. 464: Olivin fehlend in neuen Vesuvlaven, aber vorhanden in dem Lavastrom des Pik von Tenerifa vom Jahre 1704 S. 464; Feuerausbruch dieses Berges von Kolumbus auf seiner ersten Entdeckungsreise gesehen S. 464; zwei Doñas Beatriz S. 464]; Obsidian, d. h. über die Bimssteinbildung aus Obsidian S. 350—354 und Anm. 235—237 S. 464, besonders in der doppelten Richtung: der Verschiedenartigkeit der Einschlüsse der Obsidiane und Bimssteine S. 350—351 (Anm. 235 S. 446) und der Häufigkeit der Association oder gänzlichen Trennung derselben (Vorkommen oder Mangel beider oder eines) in Vulkanen S. 351—352 (Anm. 236 S. 464); wieder Einschlüsse und Bildung des Obsidians S. 352—353 (Aufblähen der Obsidiane und anderer Gebirgsarten durch Feuer und anderes S. 353); meine Ansicht über die Bimssteinbildung S. 353—354. — Verschiedenheit der Bedingungen, unter welchen die chemischen Prozesse der Vulkanizität bei Bildung der einfachen Mineralien und ihrer Association zu Trachyten vorgehen S. 353—354; die denkwürdigen Erscheinungen der isolierten Bimssteinbrüche fern von allen vulkanischen Gerüsten leiten mich zu der Vermutung, daß ein nicht unbeträchtlicher, ja vielleicht der größere Teil der vulkanischen Gebirgsarten nicht aus aufgestiegenen vulkanischen Gerüsten, sondern aus Spaltennetzen der Erdoberfläche ausgebrochen ist und oft viele Quadratmeilen schichtenweise bedeckt hat S. 354.


UC SOUTHERN REGIONAL LIBRARY FACILITY
A 000 643 502 8

